

المسح الهندسي

تحليل نظري ومسائل امتحانية للطلاب

الجزء الاول

تأليف

و. سكوفيلد

ترجم

المهندس رياض شعبان



المسح الهندسي

تحليل نظري ومسائل امتحانية للطلاب

الجزء الاول

تأليف

و. سكوفيلد

تعريب

رياض شعان

مهندس استشاري

عضو مشارك في جمعية المهندسين المدنيين البريطانية

مدرس في قسم المساحة بمعهد تكنولوجيا بغداد سابقا

تقديم

تصفحت كتاب (المسح الهندسي) مؤلفه و . سكوفيلد والذي قام بترجمته الاستاذ المهندس رياض شمان ووجدت ان ما بذله المترجم من جهود في ترجمة الكتاب قضى فيها فترة ليست بالقصيرة متخطيا كل المشاكل والصعوبات ليضمن من خلال الترجمة المحافظة على محتوى ومضمون الكتاب وبشكل يسهل على القارئ استيعاب مادة الكتاب . كانت جهودا تستحق التقدير وقد كان المترجم امينا كل الامانة في ترجمته .

ان صدور هذا الكتاب سيسعد جزءا ولو صغيرا من الفراغ الكبير في المكتبة العربية في هذا الحقل وسيستفاد منه الطالب والممارس في الحقل الهندسي على حد سواء ، آمل ان يكون الخطوة الاولى في مسار العمل الطويل للمترجم راجيا له دوام التوفيق .

المهندس
فؤاد محمد علي الحكيم

ممارس مدير عام
المنشأة العامة للمساحة - بغداد

مقدمة المؤلف

الغاية من هذا الجزء هو مساعدة الطالب في التحضير لامتحانات المختلفة التي يدخل فيها موضوع «المسح الهندسي» ، وقد بذل جهد كبير في تحديد حجم هذا الكتاب وإبقاء المحتوى شمولياً قدر الإمكان بدون تقليل من المادة المقدمة . وقد قسم كل فصل إلى قسمين يحوي القسم الأول التحليل النظري والثاني يحوي أمثلة محلولة وتمارين لشرح تطبيقات القسم النظري . وقد تم اختيار الأمثلة المحلولة باعتناء من مصادر امتحانية معروفة لبيان مدى تنوع التمارين في أي موضوع . كما قد تمت دراسة التمارين باعتناء كذلك أسلوب الحلول فيها فهي بنفس الدرجة من الأهمية للتحليل النظري . إلى هذا الحد تم شرح طريقة حل أية مسألة بتفصيل مسهب .

فقد تم طرح التحليل النظري بأسلوب مبسط لمنح الطالب فهماً كاملاً للمباني وتطبيقات الموضوع . أما الأمور ذات العلاقة بالمشاهدات الحقلية وتركيب الأجهزة المنفصلة فقد حذفت عن عمد حيث ارتؤى بأنه من الأفضل أن يتم تعلم هذه الأمور في الحقل ، واعتقد بأن الاسئلة الامتحانية في الوقت الحاضر المتغيرة من قبل الكثيرين بأنها أخطاء العصر ، لازالت تؤلف صيغة قانونية للنظام بالنسبة للطالب، في الوقت الذي تؤلف فيه حلول التمارين التي تم اختيارها باعتناء جزءاً أساسياً في عملية التعلم . وقد وضع في مقدمة فلسفة هذا الكتاب الناحية الأساس بالنسبة للطالب وهي اجتياز الامتحان بالمادة .

من المفروض أن يكون هذا الكتاب ذو قيمة للطلبة الذين يدرسون للحصول على شهادة البكلوريوس في الجامعة والبوليتكنيك ثم لطلبة الدبلوم العادي والعالي في أقسام الهندسة المدنية والتعمدين أو هندسة البلديات . كذلك يجب أن يكون ذا فائدة إلى الطلبة الذين يدخلون الامتحانات الأولى والمتوسطة لمعهد المساحين القانونيين الملكية البريطانية في قسمي مسح الأرض أو مسح المعادن .

أخذت مصادر هذا الكتاب من مصادر متعددة جداً بحيث أصبح من غير الممكن تقديم الشكر لكل جهة على أفراد ، مع هذا يجب تقديم الشكر إلى كل من جمعية المهندسين المدنيين البريطانية ومجلس جامعة لندن للسماح باستخدام الاسئلة الموضوعية في امتحاناتهم الحديثة .

و • سكوفيلد

مقدمة العرب

الكتاب الذي بين يديك هو من الكتب المعتمدة في موضوع «المسح الهندسي» في الاقسام التكنولوجية التي تمنح البكالوريوس أو الدبلوم في الهندسة المدنية أو المساحة في المملكة المتحدة . كما أنه يعتبر مصدراً شاملاً لمعظم المفردات الداخلية في منهاج مادة المسح الهندسي في أقسام المساحة في المعاهد التكنولوجية والجامعات العراقية والعربية الأخرى . أن أحد الأسباب التي تجعل الكتاب مقبولاً بهذه الدرجة هو كثرة احتوائه على التصاريح والأمثلة المحولة التي تزيد من تقرب المادة إلى ذهن الطالب . كما يمكن أن يعتبر هذا الكتاب مرجعاً مفيداً للمهندسين أو المساحين لمراجعة المواضيع التي قد تظهر له خلال حياته العملية والتي لا تكون عادة ضمن نطاق ممارسته اليومية .

عند قراءة هذا الكتاب ولأجل إيصال المعلومات المحتوية فيه كما أرادها المؤلف من الضروري ملاحظة ما يلي :

- اتبعت الأرقام عربية الأصل 1 و 2 و 3 و 4 ... الخ .
- اتبعت الحروف الأصلية المستخدمة كرموز في توضيح الاشكال العربية ، وحيث أن غالبية هذه الرموز A و B و C و ... الخ و α و β و γ و ... الخ هي متداولة عالمياً ، فإن هذا يسهل على القارئ متابعة مصادر علمية أخرى كما يسهل مقارنة المعلومات والربط فيما بينها ، إضافة إلى أن ذلك لا يؤثر على المعنى العام .

- تقرا الرموز اعتيادياً بالاتجاه العربي أي من اليمين إلى اليسار إلا إذا وردت داخل قوسين فتقرأ عندئذ من اليسار إلى اليمين . فمثلاً تقرا الزاوية CBA أي بي سي بينما الزاوية (CBA) تقرا سي بي أي . هذا أن ورد ذلك ضمن سياق الجملة العربية ، أما أن وردت هذه الحروف في معادلة أو قانون مكتوب أصلاً من اليسار إلى اليمين فتقرأ الحروف اعتيادياً باتجاهها الأصلي أي من اليسار إلى اليمين وتنتهي الحاجة لإدخال الأقواس ، فمثلاً : $ABC = ABE + EBC$ تقرا : زاوية أي بي سي تساوي زاوية أي بي بي زائداً زاوية بي بي سي .

- اتبعت النسب للثلثية كما هي برموزها العالمية لاتينية الأصل بسبب أن هذه الرموز هي متداولة عالمياً ولهذا السبب ابقى اتجاه كتابة المعادلات الأصلي أي من اليسار إلى اليمين لجعلها سلسلة مستساغة وسهلة للمتابعة ، فمثلاً :

$$\cos(\alpha + \beta) = \cos\alpha \cos\beta - \sin\alpha \sin\beta$$

كوساين الفا زائداً بيتا يساوي كوساين الفا كوساين بيتا ناقصاً ساين الفا ساين بيتا وعليه فإن مواقع الاشارة بدهيها سيكوّن إلى يسار المقدار دائماً وإنما وردت خلال الكتاب .

- وردت بعض الرموز كم m للتر و rad أو radians للزوايا القطرية و Km/h للكيلو متر و m/s للكيلو متر/ساعة و m/s² ثانية/ثانية وغيرها من الرموز المتداولة عالمياً التي اقتضت الضرورة ذكرها وخاصة في تبين وحدات نتائج المعادلات الحسابية ، فمثلاً L تساوي : (متر) $L = L_1 - L_2 = 9.500 \text{ m}$.

بالنظر لتنوع التسميات في مصادر علم المسح الهندسي في الدول العربية المختلفة فقد دأبت على ذكر المصطلح الاجنبي بجانب التسمية العربية أينما كان ذلك مفيداً وخاصة عندما يكون هناك احتمالاً للالتباس ، كما قد تمت مراعاة التسميات المقررة من قبل الجمع العلمي العراقي قدر الامكان .

وأخيراً أرجو أن أكون قد وفقت في تقديم هذا الكتاب إلى القارئ العربي ، راجياً من السادة المختصين بيان ملاحظاتهم الكريمة للأخذ بها مستقبلاً . والله ولي التوفيق .

رياض شعلان

المحتويات

الصفحة

الفصل

1	1 التسوية البسيطة والتسوية الدقيقة
	تعريف ، معدات ، تنظيم الجهاز ، مبدأ التسوية ، مقارنة في الطرق ، أعمال التسوية الخاصة بالمنشآت ، الأعمال الكتتورية ، التسوية الدقيقة ، معدات التسوية الدقيقة .
33	2 الاعمال الترابية
	المساحات ، الحجوم ، مخططات نقل التربة .
64	3 المزاوة (الشودولايت) وتطبيقاتها
	الفحوصات والتنظيمات ، التضليع بواسطة المزاوة ، الاحداثيات واستعمالاتها ، تقسيم الارض .
105	4 القياس البصري للمسافة
	مسح الابعاد بواسطة مسطرة شاقولية ، مسح الابعاد باستخدام الذراع المقابل ، معدات اخرى لقياس البصري للمسافة .
131	5 المنحنيات
	المنحنيات البسيطة ، المنحنيات الانتقالية ، المنحنيات الشاقولية .
190	6 المسح تحت الارض والمسح المائي
	طريقة مثلث وايزباخ ، مزاوة الجايرو ، المسح المائي .

الفصل الاول

التسوية البسيطة والتسوية الدقيقة

التسوية هي عملية ايجاد الارتفاعات لنقاط معينة على سطح الارض فوق مستوى الاسناد datum plane

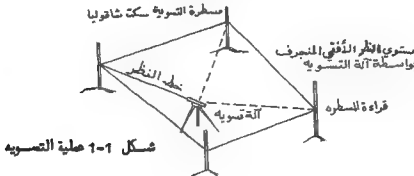
1- اتماريس

في هذه المرحلة سوف نتذكر فقط تلك التعاريف التي تتعلق بالتسوية البسيطة .

- خط الاسناد المحلي Ordinance Datum : هو خط الاسناد المستخدم في المملكة المتحدة⁽¹⁾ وهو معدل مستوى سطح البحر (m.s.l) الناتج من القياسات المستمرة خلال فترة 6 سنوات عند محطة مراقبة المد في مدينتي نيولن وكيرنويل⁽²⁾
- خط الاسناد المحلي Local Datum : يستخدم خط الاسناد المحلي في كثير من المشاريع الهندسية ، وهذا يتم بكل بساطة بواسطة تعيين علامة ثابتة بأى منصوب بحيث يضمن جعل منصوب اوطأ نقطة في المشروع موجباً . فعلى سبيل المثال اذا كانت قيمة خط الاسناد المحلي 100م والمق إلى اوطأ نقطة 30م لنا يكون منصوب النقطة 70م . فلو كان انخفاض النقطة 115م سيكون منصوبها (-15.00) م . يمكن ان تتوكدى الاشارات العاليه الى خطأ ويجب ان تعتمد باستخدام خط اسناد محلي مناسب .
- راقم تسوية مصلحة المساحة (B.M) Ordinance Survey Bench Mark : هو موقع علامه مثبت من قبل مصلحة المساحة يكن ارتفاعه فوق خط الاسناد المحلي (a.o.d.) معلوم . وتغطي قيم هذه الراقمات الى اقرب 0.05م .
- راقم تسوية وثقى (t.b.m) : هو اى راقم غير راقم مصلحة المساحة (B.M) .

2-1 المعدات EQUIPMENT

المعدات المستخدمة هي الات التسوية Levels و ساطر التسوية Leveling Staffs . حيث يتألف جهاز التسوية مبدئياً من منظار telescope وميزان كحولي spirit level او مقبض stabilizer في حالة الات التسوية التلقائية Automatic Levels (شكل 1-1)

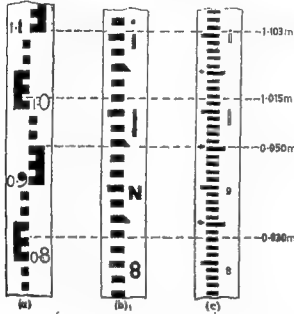


1 مثالك خط اسناد مساحي في كل دولة .

2 هنا معطى التعريف بالنسبة للشبكة المصنعة اما بالنسبة للمراق فان معدل مستوى سطح البحر (m.s.l) هو الناتج من القياسات المستمرة خلال فترة زمنية معقولة في ميناء اللار جنوب العراق

1-2-1 مساطر التسوية Staffs

تصنع مسطرة التسوية من الخشب او المعدن ومعمّره بالاحتر و اعشار الامتار (ديسيمترات) . فقد تبنت منظمة المقاييس البريطانية (B.S.I.) British Standard Institution النموذج E من المساطر التي اصغر تقسيم فيها يساوى 10 ملم ، وهذه تقرأ تقديرياً الى اقرب مليمتراً (مثلاً 1.10 م) .
ايضا تستخدم المسطرة المعترية نوع سو بوث Sopwith وهي تختلف فقط في شكل التقاسيم .



شكل 2-1 مسطرة مساحة مترية

- (أ) مسطرة مساحة مترية حسب المواصفات البريطانية نوع E الفترة 10 ملم .
- (ب) نوع سوبوث الفترة 10 ملم .
- (ج) الفترة 5 ملم

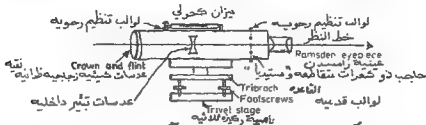
هناك مسطرة مترية اخرى مقسمة الى 5 ملم ، ولكن خيرة المؤلف في الانواع الثلاثة تشير الى ان هناك خطأ قراءه كثيره تحدث باستخدام نوع ال 5 ملم ، وان نوع E (المسطرة المعترية للمقاييس البريطانية) هي المفضله . ربما يكون تحسينا لو اضيف خط دقيق يوضح موقع ال 5 ملم على مسطرة المقاييس البريطانية (شكل 2-1) .

2-2-1 آلات التسوية Levels

بغض النظر عن النوع ، هناك فقط ثلاثة انواع اساسيه :

(أ) آلة تسوية دمي (شكل 3-1) Dumpy Level ، يكون فيه منظار آلة التسوية مثبتا بإحكام الى القاعدة tribrach او الى طبق التسوية leveling plate حيث تسمح حركة اللولب القديمة rootscrews فوق ناصية الركيزة الثلاثية tribrach stage بجعل القاعد اقنيه ، وهناك

فقاع كحولية spirit bubble حساسة مثبتة الى جانب او فوق المنظار لضمان جعل خط النظر افقيا عندما يكن الجهاز منصوبا والفقاعه في متوسط مجال حركتها .



شكل 3-1 Dumpy Level آلة تصويه دمسي ملاحظه : خط النظر يمر بمركز العدسة الشيئية ووسط الشعرات المتقاطعه

في الاجهزة الحديثه تبغيرا داخليا ، كذلك تغطي عدسة راسمدن العينيه Ramsden eyepiece صورة مقلوبه . كما يحوي ميدان المنظار diaphragm اضافة الى الشعرتين المتقاطعتين " شعرتي المستديرا Stadia hairs " للتصويه بثلاثة اسلاك three wire leveling لايجاد المسافه بشكل تقريبي . فبعد ان تثبت الة دمي وتزين ، يجب ان تبقى كذلك لكافة القراءات التي تؤخذ من تلك النقطة ، لذا يعتبر الجهاز مثاليا للاتصال الكنترويه او لا يعمل يتضمن اخذ قراءات عديده فتريا لكل نعبه للجهاز . ان الحركه حول الجهاز ثم هبطه والتذبذبات في الموقع . الخ سوف تؤدي بالتأكيد الى اطلاق شاقولية الجهاز وهذا يتطلب اعاده وزنه . وكذا تكرار لاعاده الوزن سيؤدي اخيرا الى تغيير في ارتفاع خط النظر بمحمله من الخطأه وعليه فانه اقل دقة من جهاز التصويه القلاب Tilting Level الذي يوزن لكل خط نظر .

(b) جهاز التصويه القلاب (شكل 4-1) : في هذا الجهاز لا يثبت المنظار بالقاعد tribrach ولكنه مركز عادة في وسطه . وهناك ميزان كحولي دائري مثبت على القاعد يسمح بوزن تقريبي للجهاز ، ويتم الوزن الدقيق للمنظار لكل خط نظر بواسطة لولب اماله وفاقاعه طويله حساسه . فبالامكان تثبيت جهاز التصويه القلاب اسرع من تثبيت جهاز دمي للاتصال التي تتضمن خطين او ثلاثة خطوط نظر فقط . وهذه القراءات تكون عادة ادق وطييه فانه انصب للاتصال التصويه الخاصه بالمقاطع مثلا .



شكل 4-1 آلة تصويه قلابه Tilting Level

اما جهاز التصويه العكوس Reversible Level فهو جهاز تصويه قلاب يمكن تحريكه حول خط النظر معطيا قراءتين مره تكمين الفقاعه فيه الى اليسار ومره الى اليمين وسعدل القراءتين يكون فيه خاليا من خطأ خط النظر كما انه يقدم طريقه سهله للتنظيم .

(c) جهاز التصويه التلقائي (شكل 5a-1) Automatic or Self-Aligning Level : هذا الجهاز يشبه جهاز دمي في ان المنظار مثبت باحكام بالقاعد ، وهناك فقاعه كحوليه دائريه تسمح بوزن الجهاز بشكل تقريبي . اما الوزن الدقيق للجهاز فيتم تلقائيا بواسطة قتر stabilizer المتصل بالمنظار .

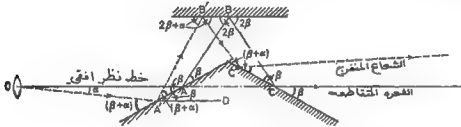


شكل 1-5 آلة تصوير تلقائية Automatic Level
هي عاكسات تعطي صورة معتدلة A و B و C

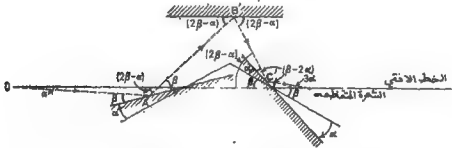
مزايا هذا الجهاز على الجهازين الآخرين :

- (a) أبسط بكثير في استعماله حيث انه يعطي صورة معتدلة .
- (b) تكون العمليات سريعة جدا وهذا يعطي اقتصادا اكبرا .
- (c) ليس هناك احتمال للخطأ في وضع الفقاعة .
- (d) ليس هناك احتمال لقراءة المسطرة قبل تنظيم الفقاعة .

مع ان هناك سلبية واحدة وهي انه لا يمكن استخدامه في موقع تعدد فيه ذبذبات كبيرة بسبب الريح مثلا او اتصال الركائز .



شكل 1-5b العاكسات تبقى ثابتة



شكل 1-5c تتحرك العاكسات A و C باتجاه عقرب الساعة بزاوية α .

يضمن القرني جهاز التصوير التلقائي مرور شعاع الضوء الداخل من خلال الشمرتين المتقاطعتين حتى اذا كان المنظار مائلا قليلا .

في الواقع :

- (a) الشعاع الداخل هو افقي .
- (b) المنظار من الموشور الثابت في B هما مائلان بسبب الوزن الثقلي الابتدائي .
- (c) يبقى السطحان A و C المائلان بحره يصنعان زاوية ثابتة مع مستوى الافق .
- ولغرض توضيح القاعده ، بالامكان تصور ان :
- (d) يدخل الشعاع الداخل بزاوية تساوي زاوية ميل المنظار .
- (e) يبقى المنظار والموشور B أفقيين .
- (f) يعيل السطحان A و C بنفس زاوية الشعاع الداخل .

يشير الشكل 5b-1 إلى أن شعاع الضوء (OA) يدخل المنظار عندما يكون المنظار أفقياً تماماً، حيث ينعكس في A و B ويخرج أفقياً من خلال الشمرتين المتقاطعتين. افترض الآن بأن المنظار هو نقط مزوّن بشكل تقريبي والشعاع (OA') يدخل بزاوية تساوي α والعاكسات في A و B و C تبقى ثابتة. وعليه فمن الشكل 5b-1 :

- زاوية السقوط في A' تساوي $(\beta + \alpha)$ وتساوي زاوية الانعكاس في A'.
- الزاوية (BAD') تساوي $(2\beta + \alpha)$ وتساوي زاوية السقوط في B' وتساوي زاوية الانعكاس في B'.
- إذن زاوية السقوط في C' تساوي $(\beta + \alpha)$ وتساوي زاوية الانعكاس في C'.
- وعليه فإن شعاع الضوء سوف ينتج عن الانق بزاوية α ويفشل في المرور من خلال الشمرتين المتقاطعتين.
- فإذا أميل المنظار في الشكل 5c-1 بزاوية α ، عوض الحالة المبيّنة في كل من (a) و (b) و (c) :
- زاوية السقوط في A' تساوي β وتساوي زاوية الانعكاس في A'، منها ينتج :
- زاوية السقوط في B' تساوي $(2\beta - \alpha)$ وتساوي زاوية الانعكاس في B'.

يتبين من تفحص الشكل 5c-1 بأن زاوية السقوط في C' هي $(\beta - 2\alpha)$ وتساوي زاوية الانعكاس. وهكذا فإن شعاع الضوء يجتمع converge الآن في الانق بزاوية (3α) وهي الزاوية التي يستعملها المقر نسبة إلى الشبكة reticule لضمان مرور الشعاع من خلال الشمرتين المتقاطعتين.

3-1 تنظيم الجهاز INSTRUMENT ADJUSTMENT

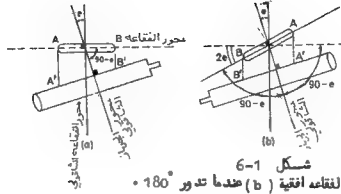
يجب أن يجري فحص الجهاز باستمرار ويتم تنظيمه ليمطي افضل نتائج ممكنة. كذا تنظيحات تسمى تنظيمات دائمية permanent adjustments

1-3-1 جهاز دوسبي Dusspy

لضمان جعل محور الفقاعة axis of bubble عمودياً على المحور الشاقولي للجهاز،

الخطوات

- اجعل محور الفقاعة موازاً للولبين قديمين وسطها، ثم ادرها بزاوية (90°) في المستوى الأفقي لتأتي فوق اللولب القدي الثالث وكرر توسط الفقاعة باستخدام هذا اللولب القدي فقط. كرر ذلك حتى تبقى الفقاعة متوسطة في كل من هذين الموقعين.
- والآن اجعل الفقاعة موازية للولبين قديمين مرة ثانية، وكل امتة وسطها. وافترض أن محور الفقاعة ليس عمودياً على المحور الشاقولي ولكنه منحرفاً عنه بخطاً مقداره (e). فالحالة تصبح إذن كما نسي الشكل 6a-1.
- (c). دور الفقاعة في المستوى الأفقي خلال زاوية مقدارها (180°) ، فالمقدار الذي تتحرك فيه الفقاعة عن المحط يساوي ضعف خطأ الجهاز (2e) (شكل 6b-1).

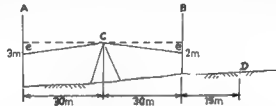


نظم

- (d) رجع الفقاعة الى منتصف المسافة بين موقعها الحالي والموقع الوسطي لها باستخدام اللولبين القدميين وهذا يجعل المحور الشاقولي يتحرك مسافة (e) وينطبق على الشاقول الحقيقي . مع هذا تبقى الفقاعة منحرفة عن الافق بمقدار (e) وهكذا ؛
(e) رجع الفقاعة الى موقعها الوسطي برفع او خفض احدى نهايتي الفقاعة باستخدام اللولاب الرحويه capatan screws المنظمة .

افحص (تسدين)

لضمان جعل خط النظر عموديا على المحور الشاقولي عندما يكون الجهاز ممزنا (اى افقية) حقيقة ؛
(a) اجمل الجهاز متوسطا بين تسدين A و B المسافة بينهما 60 م معطيا قراءتين e والتكن e 3.000 م في A و 2.000 م في B كما في الشكل 7a-1 . بفرض ان خط النظر يميل عن الافق بالمقدار e، وحيث ان هذا الخطا يتناسب طرديا مع طول خط النظر ، ولما كان طول خط النظر متساويين فان الخطا سيكون متساويا في كل من A و B وسحذف احدهما الاخر وطيه فالمعلومات المستخرجة هنا هي بكل بساطة ان A او B من 1.000 م (لاحظ ان e تسمى " خطأ خط النظر Collimation Error ") .



شكل 7a-1

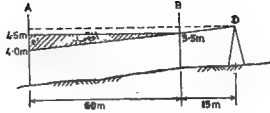
(b) والان انقل الجهاز الى (AB) وطى بعد 15 م من B (شكل 7b-1) وحيث ان التسديد الان الى A و B غير متساوي ، سيكون الخطا في A اكبر مما هو عليه في B . افترض ان القراءة في A تساوي 4.000 م وفي B تساوي 3.500 م وهكذا تظهر A او B من 0.500 م ، وحيث ان هذا ليس هو الفرق الحقيقي في الارتفاع ، يتضح بصره وجود خطأ في خط النظر . فلوانشئ الان خط افقي من القراءة 3.500 م في B فيؤشر الخط قراءة في A تساوي 4.500 م حيث ان A بالواقع هي او B من 1.000 م . عليه يتضح بان الخطا في خط النظر هو 0.5 م لمسافة 60 م والى الاسفل . اذن فان مقدار الخطا من موقع الجهاز في D يساوي ؛

$$= \left(\frac{0.5}{60} \right) \times 75 = 0.625 \text{ m}$$

فالقراءة الحقيقية في A من نقطة D تساوي ؛

$$= 4.000 + 0.625 = 4.625 \text{ m}$$

فالقاعدة اذن لايجاد اتجاه الخطا في خط النظر هي " اذا كان الفرق بالنسبة اكبر من الفرق الحقيقي يكون اتجاه الخطا الى الاسفل والعكس صحيح " .



شكل 1-7b

نظم

يثبت الجهاز ليقرا 625م في A برفع أو تخفيض (وفي هذه الحالة تخفيض) الخمرتين المتقاطعتين باستخدام اللولب الرجويه المنظمه . لاحظ بان الفحص بطريقة الودين غالبا ما يولف سواء امتحانيا وعلى الطلبة اتباع الطريقة اعلاه وذلك يستمدون الحاجة الى تذكر المعادلات . عند اتباع هذه الطريقة تستدعي الحاجة الى رسم المخطط الثاني فقط والمبران حتى هذا يمكن الاستغناء عنه . فنبض النظر من الخطأ في خط النظر ، ان كان الى الاعلى او الى الاسفل ، ولا يمكن رسمه دائما الى الاسفل ، فالارقام متشير بوضوح الى اتجاهه لغيرا . والان سيجري حل مثال اخر لتوضيح هذا .

مثال للفحص بطريقة الودين

افرض نفس المسافات كما في المثال السابق والقراءتان في A و B هما 2.850م و 1.550م على التوالي بجهاز التصويه متوسطا بينهما . عندما كان الجهاز في D كانت القراءتان تساوي 0.750م في A و 1.850م في B . اوجد مقدار واتجاه الخطأ في خط النظر ، كذلك اوجد القراءة الحقيقية في A من نقطة D .

الحل

- من القراءات المأخوذة عندما كان الجهاز متوسطا A هي ابطأ من B بمقدار 1.300م (حقيقي)
- من القراءات المأخوذة من نقطة D هي ابطأ من A هي ابطأ من B بمقدار 1.900م (خطي) وهكذا هنالك خطأ في خط النظر .
- الفرق بين (a) و (b) هو الخطأ في خط النظر ويساوي 0.600م .
- من القواعد المذكورة سابقا يتضح بان اتجاه الخطأ هو الى الاعلى ، وهكذا فان خط النظر هو اقل بمقدار 0.600م لمسافة 60م .
- الخطأ في خط النظر لمسافة 75م " المسانه (AD) " يساوي 0.750م .
- القراءة الحقيقية في A من نقطة D تساوي : $3.750 - 0.750 = 3.000$ م .

كما هو واضح فقد تم حل السؤال بدون اية رسومات . الفرق بين القراءتين الخطأ والتصحيحه يعطي مقدار الخطأ في خط النظر ، كما وان " القاعده " تعطي الاتجاه .

1-3-2 جهاز التصويه القلاب Tilting Level

نظريا ، اول فحص يجب اجراؤه هو على الفقاعة الدائرية الصغيره لهذا الجهاز وكما تم شرحه بالنسبة لجهاز دمي Dumpy مع هذا فانه بصورة طامه يعمل . اما الفحص بطريقة الودين فانه يتم بنفس الطريقة لجهاز دمي تعاما ولكن اسلوب التنظيم يختلف ، فالجهاز ينظم ليقرا القيمة الحقيقية على البصيرة باستخدام لولب

الاماله لرفع او خفض خط النظر line of sight ، وهذا يؤدى بالقائه الطويله الحساسه ان تتحرك عن موقعها المتوسط . بعدها تصحح القاعه باستخدام اللوالب الرحويه (لاحظ الاختلاف بالتظيم عن جهاز دمي) .
هناك تنظيم ثالث وهو لجعل لولب الاماله tilting screw في متوسط موقعه عندما يكون الميزان الكحولى متوسطا والمحور الشاقولي حقيقه شاقوليا .

الفصل

اجعل الميزان الكحولى موازيا الى لولبين قديمين ووسطه . دور الجهاز بزاوية (180) ثم ازل اى حركه للقاعه من الوسط ، نصفها بواسطة اللولبين القدميين ونصفها بواسطة اللوالب الرحويه المنظمه . كرر العمليه فوق اللولب القديم الثالث حتى تبقى القاعه متوسطه لى موقع للنظر . والان ان الصاموله القافله للولب الاماله وحركه الى الاعلى او الى الاسفل حتى الوصول الى الموقع الوسطي . يتم هذا الفصل فقط عندما تقتضى الحاجه . وفي كذا حالات يجب ان يتم قبل الفصل بطريقه التودين .

3-1-3 جهاز التسويه التلقائى Automatic Level

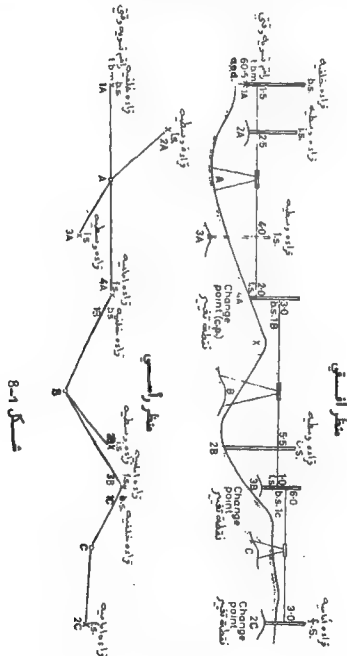
الفصل الاول هو كما موضح بالنسبة لجهاز دمي ، ويجب ان يجرى على القاعه الدائريه لآله التسويه التلقائيه حيث ان الخطأ نصفه يحدف بواسطة اللوالب القدميه والنصف الاخر باللوالب الرحويه للقاعه ، وفي هذه الحاله يجب ان تكون القاعه منظمه باستمرار ، وبخلافه فان مقر الجهاز يمكن ان يمشي او يعطي قراءات مغلوطنه . فالقرء يعطى ادى القراءات عندما يكون قرب وسط حركته وهكذا يتطلب ان تكون القاعه الدائريه منظمه لكي تحافظ على اقل حركه للمقر . في احوال التسويه الدقيقه يجب ان تتوسط القاعه بدقه في المركز .
يجب ان يكون مستوى تنفذ البندول للمسطحين حر لتعليق موازيا لخط النظر وبخلافه سيحدث خطأ ضئيل بالمقابل ، وهكذا اذا كان للقاعه خطأ عرضيا transverse error وان المنظار موجه دائما بنفس الاتجاه في كل نمبه فان التوجيه الخلفي (b.s) سيتضمن دائما مقدارا من الخطأ وان نفس الخطأ يحدث في التوجيه الامامى (f.s) والخطأ في التوجيه الامامى هو (+e) ، وحيث ان القراءه فلو فرضنا ان الخطأ في التوجيه الخلفي هو (+e) والخطأ في التوجيه الامامى هو (-e) ، وحيث ان القراءه الاماميه دائما تطرح من الخلفيه ، فان الخطأ يصبح :
$$+e - (-e) = 2e$$

ولتجنب هذا التراكم في الخطأ القياسى systematic error يجب وزن المنظار عندما يكون موجه الى الخلف ثم تؤخذ القراءتين الخلفيه والاماميه ، بعدها يعاد وزن المنظار عندما يوجه الى الامام وتعداد القراءات ثانيه ، فنعادل النتائج يكون خاليا من خطأ المقر stabilizer error . تكون هذه الاعمال فقط ضروريه بالنسبه للتسويه الدقيقه .
كذلك يجرى الفصل بطريقه التودين كما مبين سابقا وينظم خط النظر line of collimation بتحرك الصنعتين المتقاطعتين الى اعلى والى اسفل بنفس الطريقه المنتمه في جهاز دمي .

4-1 مبدأ التسويه PRINCIPLE OF LEVELING

ينصب الجهاز في A كما في الشكل 1-8 وهو الموقع الذى يكون فيه ممكنا التوجيه الى راقم تسويه وقتي (t.b.m.) حيث اول توجيه يكون الى مسطرة التسويه الموضحة شاقوليا على راقم التسويه الوقتي في A ، هذه تسمى

قراءة خلفيه (b.s) back sight التي تكون قيمتها الوقتية 1 م والتي ستدخل في العمود المناسب في دفتر التصوير ، ويطلق على التوجيهين الآخرين الى النقطتين (2A) و (3A) المطلوب معرفة مسوئتهما نسبة الى الـ (t.b.m) القراءات الوسطية (i.s) Intermediate sight اللتين تدخلان ايضا في العمود المناسب لدفتر التصوير ، ويسمى اخر توجيه لهنه النسبة للجهاز الى (4A) القراءة الامامية (f.s) fore sight . يمكن التأكد عند مشاهدة الشكل بان هذه النقطه هي آخر ما يمكن رؤيته بهذا التوجيه . فلو ، على سبيل المثال ، كانت المسطره قد وضعت في X لما كان بالامكان رؤيتها وكان يجب تحريكها الى اسفل المنحدر باتجاه الجهاز في A حتى تصبح مرئيه . ولما كانت القراءة الامامية (4A) هي ابعد ما يمكن رؤيته من A فانها ايضا تسمى نقطة تغيير (c.p) change point تشير الى تغيير موقع الجهاز الى نقطة B ، وذلك تصبح هي القراءة الخلفيه للنصبه الجديدة للجهاز . ثم تعاد العملية بالكامل كالسابق .



ولهذا يجب ان يبقى في ذهن بان افعال التسوية كلها عبداً بالقراءة الخلفية وتنتهي بالقراءة الامامية مع عدد كاف من القراءات الوسطية بينهما . كذلك فان نقاط التغيير هي دائماً قراءات امامية وقراءات خلفية بنفس الوقت . ايضاً ، يجب ان تنتهي التسوية الى راقم تمويه معلوم للتأكد من خطأ عدم القفل .

1-4-1 استرخاء المناسيب Reduction of Levels

من الشكل 1-8 ، ولما كان خط النظر القادم من الجهاز هو بالحقيقة انقيا ، يصبح بالامكان اثبات ان القراءة الاعلى 2.5 عند النقطة (2A) تشير الى ان هذه النقطة هي اوطأ من راقم التسوية الوقتي بـ 1.0 م معطياً منسوباً مقداره 59.5 للنقطة (2A) ، وهذا يمكن كتابته كالتالي : $1.5 - 2.5 = -1.0$ وهذا يشير الى انخفاض مقدار 1.0 م من (1A) الى (2A) .
منسوب (2A) يساوي : $60.5 - 1.0 = 59.5$.
بنفس الطريقة بين (2A) و (3A) ، فالقراءة الاعلى عند (3A) تشير بانها 1.0 م اوطأ من (2A) ، وهكذا : $2.5 - 4.0 = -1.5$.
انخفاض من (2A) الى (3A) .
منسوب (3A) يساوي منسوب (2A) ناقصاً 1.5 م ويساوي 58.0 م .
اخيراً ، القراءة الاعلى عند (4A) تشير الى انها اطول من (3A) بـ 2.0 م ، وهكذا : $4.0 - 2.0 = +2.0$.
ارتفاع من (3A) الى (4A) .
منسوب (4A) يساوي منسوب (3A) زائداً 2.0 م ويساوي 60.0 م .

والان بعد معرفة المنسوب Reduced Level لـ (4A) ان 60.0 م ، يمكن اعداد المطية للموقع الجديد للجهاز في B .

1-4-2 طريقتي التسجيل Methods of Bookings

الارتفاع والانخفاض Rise and Fall

الجزء المقطع ادناه من التسجيل يوضح نفسه بشكل علم ، وعلى الطالب ملاحظة :

ملاحظات	طول المسار	المنسوب R.L.	ارتفاع	انخفاض	زاوية امامية f.s.	زاوية خلفية b.s.
راقم تسوية وقتي 1A (60.5) t.b.m.	0	60.5				
2A	30	59.5	1.0			2.5
3A	50	58.0	1.5			4.0
نقطة تغيير 1B (44) change pt.	70	60.0		2.5	2.0	5.5
2B	95	57.5				
نقطة تغيير 1C (38) change pt.	120	62.0			1.0	
راقم تسوية وقتي 2C (65.1) t.b.m.	160	65.0			3.0	
تحقق checks		65.0	5.0	9.5	6.0	10.5
عدم اعلان Misclosure		60.5		5.0		6.0
صحيح			4.5	4.5		4.5

- (أ) يجب ان تسجل كل قراءة على خط مستقل هذا القراءتين الخلفية والامامية لنقاط التغيير حيث تسجل القراءة الخلفية على نفس خط القراءة الامامية لانها تمثل نفس النقطه . وحيث ان كل خط يرمز الى نقطة مستقلة ، لذا يجب تدوينها في مسود الملاحظات .
- (ب) كل قراءة : تخرج من التي تصيها اى : (2A) من (1A) ثم (3A) من (2A) و (4A) من (3A) ، وقف . وتبدأ هذه العملية مرة اخرى من المحطة الثانية للجهاز : ف (2B) من (1B) . . . وهكذا .
- (ج) يجب تطبيق ثلاث تحقيقات مهمة جدا الى النتائج اعلاه ، وهي : مجموع القراءات الخلفية (عمود 1) ناقص مجموع القراءات الامامية (عمود 3) يساوى مجموع الارتفاعات (عمود 4) ناقص مجموع الانخفاضات (عمود 5) و يساوى آخر منسوب مستخرج (عمود 6) ناقص اول منسوب (عمود 6) .
- ان هذه التحقيقات مبينه في الجدول اعلاه ، و يجب التاكيد على انها لاكثر من تحقيقات على حسابات نتائج افعال تصويه وانها لا تشير في اى حال من الاحوال الى دقة الممسول .
- (د) يتضح مما سبق بان التحقيقتين الاول والثاني يجب اجراهما قبل احتساب المناسيب .
- (هـ) خطأ الاغلاق يساوى 0 .

ارتفاع المحور البصرى (خط النظر) Height of Collimation

- هذه التسمية هي معطاة الى طريقة اخرى للتسجيل ، حيث تحتسب المناسيب بكل بساطة بطرح قراءات المسطرة من ارتفاع خط النظر . فمثلا في الشكل 1-8 ، ارتفاع مستوى النظر (h.p.c.)
- Height of Plane of Collimation في A هو بدليا (60.5 + 1.5) ويساوى 62.0 .
- والان (2A) هي اوطأ من هذا المستوى بـ 2.5 طيه يجب ان يكون ارتفاعها (62.0 - 2.5) ويساوى 59.5 . بنفس الطريقة بالنسبة لـ (3A) و (4A) لتساويان 58.0 و 60.0 على التوالي . والان تمام الخطوات بالنسبة الى B . والجدول التالي يبين كم هي بسيطة هذه الطريقة :

الملاحظات				
المسورة r.l.	ارتفاع النظر h.p.c.	قراءة امامية f.s.	قراءة وسطية i.s.	قراءة خلفية b.s.
60.5 59.5 58.0 60.0 57.5 62.0 65.0	62.0			1.5 2.5 4.0 3.0 5.5 6.0
t.b.m. (60.5)				
1A	واحد تصويه وفق			
2A				
3A				
change pt	نقطة تغير			
4A (1B)				
2B				
change pt.	نقطة تغير			
3B (1C)				
t.b.m. (65.1)	واحد تصويه وفق			
2C				
65.0 60.5	6.0	12.0		10.5 6.0
checks	تحقيق			
Misclosure 0.4	عدم إغلاق			
4.5	صحيح			4.5

- وهكذا يمكن التوصل الى مايلي :
- (1) تجمع القراءة الخلفية مع المنسوب لتعطي ارتفاع مستوى النظر (h.p.c.) .
 - (2) تطرح قراءات المسطرة التي تلي ه من (h.p.c.) لتعطي المناسيب .
 - (3) تمام الخطوات بالنسبة للنسبة الثانية للجهاز في B .
 - (4) هنالك تحقيقتين كما في طريقة الارتفاع والانخفاض ، اى : مجموع القراءات الخلفية ناقص مجموع القراءات الامامية يساوى آخر منسوب ناقص اول منسوب .

(5) التحقق من إتمام المساحة كما في هـ ، فمثلا عند طرح 2.5 من 62 للحصول على المنسوب 59.5 قد كتب 69.5 خطأ ، وهذا الخطأ الذي مقدار 10.0 سيبقى غير مكتشف . وهكذا فالقراءات الوسطية لا تحقق بهذه من التحققين المذكورين في (4) ، عليه يجب تطبيق التحقق الطويل التالي : (مجموع كافة المناسيب مساويا) يساوي (مجموع كل ارتفاع لمستوى النظر مضربا بعدد القراءات الوسطية والامامية المأخوذة منه) نائعا (مجموع القراءات الوسطية والامامية) .
فعلى سبيل المثال :

$$362.0 = (12.0 + 6.0) - (68.0 \times 1) + (63.0 \times 2) + (62.0 \times 3) = 362.0$$

التسديدات المعكوسة Inverted Sights

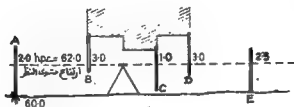
يسمى الشكل 9-1 تسديدات معكوسة في B و C و D لأسفل مثلاً . فمن الواضح من الشكل بأن مناسب هذه النقاط ببساطة يستخرجها جميع قراءات المسطرة مع الـ (h.p.c) لتعطي :

$$B = 65.0 , C = 63.0 , D = 65.0$$

بعدها تستخرج بالطريقة الاعتيادية وسأوى 59.5 .

مع هذا بالامكان تلافي مسألة خطوط النظر المعكوسة بمجرد معاملتها كميات سلبية ويعتبر بالطريقة الاعتيادية .

الملاحظات	المنسوب i.h.	ارتفاع خط h.p.c. النظر	الانخفاض	الارتفاع f.s.	i.s.	b.s.
راحم تنويه وحق t.b.m. A B C D	60.0 65.0 63.0 65.0	62.0	2.0	5.0	-3.0 -1.0 -3.0	2.0
راحم تنويه وحق t.b.m. E (59.55)	59.5		5.5	2.5		
عدم إغلاق Misclosure 0.05	60.0 59.5		7.5 7.0	7.0 2.0	-7.0	2.0
	0.5		0.5	0.5		



شكل 9-1 التسديدات المعكوسة

طريقة ارتفاع مستوى النظر h.p.c.

$$\begin{aligned} 2.0 - (-3.0) &= +5.0 = \text{ارتفاع} & 62.0 - (-3.0) &= 65.0 \\ -3.0 - (-1.0) &= -2.0 = \text{انخفاض} & 62.0 - (-1.0) &= 63.0 \\ -1.0 - (-3.0) &= +2.0 = \text{ارتفاع} & 62.0 - (-3.0) &= 65.0 \\ -3.0 - 2.5 &= -5.5 = \text{انخفاض} & 62.0 - (+2.5) &= 59.5 \end{aligned}$$

عند اجراء التحقيق تعامل الرصدات العظمه كأنها كيات مالمبه .

فمثلا يعطى تحقيق القراءات الوسطيه بطريقة ارتفاع مستوى النظر (h.p.c.) *

$$252.5 = (62.0 \times 4) - (-7.0 + 2.5)$$

$$= 248.0 - (-4.5) = 248.0 + 4.5 = 252.5$$

COMPARISON OF METHODS

5-1 مقارنـة في الطـريقـة

في رأى المؤلف ، يجب اتباع طريقة الارتفاع والانخفاض دائما ، بسبب التحقيقات الحسابية السهلة جدا والكاملة فيها . كذلك فان عمودى الارتفاع والانخفاض يعطيان فكرة عن طوبوغرافية الارض ، ولو ان طريقة ارتفاع مستوى النظر (hpc) تتضمن عمليات حسابية اقل خاصة عندما يكن هناك قراءات وسطية متعددة كما هي الحال في تصويب الاعمال التشبيكية grid levelling ، ولو ان لها سيئة كبيرة الا وهي التحقيق المطول للقراءات الوسطية ، مع ذلك فهي مفيدة في تثبيت المناسيب .

1-5 مصادر الخطأ Sources of Error

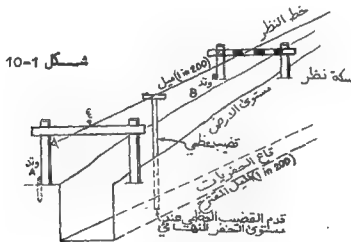
- (ا) المصدر الرئيس هو خطأ خط النظر المتبقى residual collimation error للجهاز . يمكن التحقق بالعمى بواسطة الجديدين بان هذا الخطأ يمكن حذفه بجعل الصانعين الى كل من القراءتين الخلفية والامامية متساويتين . وهذا يمكن تحقيقه بكل سهولة باستخدام شمري المتديا لالة التصويب كما هي الحال في اعمال مسح الابعاد (تاكليمترى Tacheometry) ، ولو ان تماوى خطوط النظر في اعمال التصويب البسيطه يندر ان يتم . نظريا ، سيؤدى التماوى بين جبويي خطوط النظر الخلفية والامامية الى حذف الخطأ الموجود في المحور البصرى او خط النظر collimation error ولكن الاختلافات في التبعر focussing يمكن ان تؤثر على ذلك .
 - (ب) مسك المسطرة غير الشاقولي ، يمكن حذفه بتثبيت فقاعة كحلولية للمسطرة او بتحريك المسطرة حتى يتم الحصول على اوطأ قراءة طيبة .
 - (ج) خطأ في قراءة المسطرة ، يقلل بتقصير طول خط النظر بحيث تكون القراءات على المسطرة واضحة وسهلة القراءة .
 - (د) الضلطي قراءة المسطرة ، كقراءة رقم 6 بدلا من رقم 9 ، وهكذا يجب على المسجل اعادة قراءة المسطرة بعد التسجيل للتأكد من صحة التسجيل ، وهكذا يجب ان تتم لتقليل الخطأ في التسجيل ايضا .
 - (هـ) تحريك المسطرة من موقعها عند دورانها لتقابل الموقع الجديد في نقاط التغيير change points . استخدم طبق تصويب levelling plate للارض الرخوة .
 - (ز) هطول الجهاز ، ضمه على ارض صلبة وافرص الارجل بمقدار كافي وتعاشى الحركة كثيرا حول الجهاز .
 - (ح) الاعطاء الناتجة من الانكسارات من الطبقة الدافئة للهوا بالقرب من سطح الارض لجعل قراءتك على ارتفاع لا يقل عن 1.0 م فوق الارض .
- يجب على الطالب ايضا ملاحظة الاخطاء التي تحدث عند استخدام آلات التصويب الطقائيه .

يمكن ايجاد الخطأ في اصال التصويه فقط بخلق الدوره circuit رجوعا الى نقطة بدايتها او بالانتهاه الى رواق تصويه اخرى معلومه ، فهذه الطريقه الثانيه يجب ان تؤخذ بحذر كون ان رواق التصويه نفسها تحوي خطأ . فمثلا عند التصويه من راقم صلهحه المساحه BM الى راقم تصويه اخر للحصول على منسوب نهاسي يتفق مع منسوب ذلك الراقم ، هذا يشير الى عدم وجود خطأ في عملية التصويه . مع هذا فان صلهحه المساحه فقط تضمن قيم رواق التصويه المجاوره بحدود 10 ملم . وبشكل عام يجب ان لا يعتمد الخطأ E المقدار $(K)^2 (12)$ ملم حيث ان K هي بالكيلومترات ، ولوانه في الاماكن التي تنكر فيها التلوث وذات خطوط نظير قصيره فان ضعف المقدار المذكور اعلاه $E=24(K)^2$ ملم يمكن ان يكون اكثـر تقلانيا . حيث ان K هي المسافه التي تم مسحها .

6-1 اصال التصويه الخاصه بالبنشآت CONSTRUCTION LEVELLING

سككه النظر (S.R.) Sight Rails

غالبا ما تكون طريقه تعيين سككه النظر لغرض السيطرة على الحفریات جزءا من سوال الموضوع التصويه وطيه مستجری مناقشته في هذه المرحله .
ان الغرض من سككه النظر هو اعطاء ميل منتظم للحفریات ، فتثبت بحيث ان خط النظر من سككه نظر الى التي عليها يكون بنفس الميل المطلوب للحفریات المراد حفرها . فاذا كان خط النظر هذا هو ، على سبيل المثال ، 2 م فوق قاع الحفریات ، فعند استخدام قضيب عظمي بطول 2 م يكون قدم القضيب في المستوى المطلوب عندما يلامس راسه خط النظر (شكل 10-1) . فالنقاط الواجب تذكرها هي :



- تثبت سككه النظر عادة بحدود 0.5م الى 1.5م فوق الارض .
- يجب ان لا تعتمد المسافه بينها الى 100م وهي المسافه الاعتياده بين احواض التفتيش manholes في شبكات المجارى .
- يكون القضيب العظمي عادة ذا طول مقرب الى اقرب 0.1م .
- لاحظ سككه النظر في A واقرقر بيان منسوب الوند هو 40.00 م وان قعر الحفریات في هذه النقطه 38.50 م ، حيث ان رأس الوند هو 1.5 م فوق مستوى الحفر . ولما كان الوند 1.5 م هو ايضا ارتفاع معقول بالنسبة لسككه النظر في A ، عليه يتطلب الامر استخدام قضيب عظمي بارتفاع 3 م . والان بالنسبة للوند

B ، افرض ان شعوبه 40.8 م وعلى بعد 100 م من A. حيث للخندق ميل صاعد مقداره 1 الى 200 عليه يكن منصوب القاع (38.5+0.5=39.00m) . والان حيث ان طول القضيب المعظمي هو 3 م لذا يجب ان يكن منصوب سكة النظر في B (39.00+3.00=42.00m) ، ولما كان منصوب الوتد B هو 0.80 م فان سكة النظر يجب ان تثبت على ارتفاع (42.00-40.80=1.20m) . فقه .

الليزات Lasers

تحل شحافات ليزر محل سكة النظر لصاريج حفر الخنادق وشبكات الانابيب الكبيره (شكل 1-11) . فيها ، يثبت هدف يكن الرؤية من خلاله "see-through target" وهدف عاكس على نفس الخط ونفس ميل الحفریات المطلوب . حيث يتم وضع جهاز الليزر قبل البدء بالحفریات ويوجه بتمرير اشعته من خلال الهدف ومنه الى العاكس .



والان يتم رفع هذين الهدفين . اشعة ليزر تولد خط وسط وميلا ثابتين . والان يضع الهدف العاكس وراء جهاز الليزر الذي بإمكانه عكس شعاع الليزر وبذلك يولد خط اسناد ثابت قبل البدء بالعمل . فبدل القضيب المعظمي يستخدم شاخص مرتفع storey pole وهذا الشاخص قابل للتظلم وفي راسه مؤشر عاكس مائل ورفاعه للحفاظ على شاقوليته ، وهو يستخدم بنفس طريقة الشاخص المعظمي .

المحاسن Advantages

- (a) الخندق خال من هراقل سكة النظر .
 - (b) بالامكان تشغيلها من قبل شخص واحد .
 - (c) سريعة واكثر اقتصادية .
 - (d) تقلل من مقدار اعمال المسح .
 - (e) نظام مرجعي reference system خلفي يؤمن تحقيقا سريعا .
- مع هذا فالنظر المباشر الى اشعة لاسيز يسبب تلفا للعين ويجب تحاشيه مالم تتوفر زجاجات حماية للعين .

خوازيق الميل Slope Stakes

- خوازيق الميل هي اوتاد لتعيين نقاط التقاء الارض الفعلية مع الميل الجانبية لسدة او مقطع منوى صله ، ففي الاشكال 1-12a و 1-12b سميت المواقع بـ A و B وان طريقة تعيين موقعها هي كما يلي ،
- (a) ثبت جهاز التصوير في موقع مناسب بحيث يسمح لتعيين اكبر عدد ممكن من النقاط .
 - (b) اوجد ارتفاع خط النظر (n.p.c) للجهاز باخذ القراءة الخلفية على اقرب راقم تسميه وقتي (t.b.m.) .

(c) خذ القراءة الامامية للمسطرة التي توضع حيثما يعتقد بأنه موقع النقطة A ثم اوجد منصوب الارض هناك .

(d) اطرر منصوب الارض من "منسوب التكوين" formation level واضرب الفرق به للحصول على المسافة الافقية "x" .

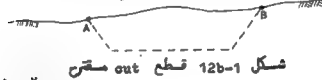
(e) والان قس المسافة الافقية (x+b) من خط الوسط (N) الى المسطرة ، فاذا كانت المسافة المقاسة الى المسطرة تساوي المسافة المحتسبة (x+b) فان موقع المسطرة يكون هو موقع خازوق الميل . وبخلافه تعاد المطوية بالمسطرة في موقع اخر حتى تتساوى المسافة المقاسة مع المسافة المحتسبة .
فمثلا اذا كانت الميل الجنبية للسدة المنوى انشاؤها 1 عمودى الى 2 افقى وان مستوى التكوين 100.0 م فوق خط الاسناد (o.d) ، وكما وان مستوى الارض في A هو 90.5 م فوق خط الاسناد ، اذن :

$$x = 2 (100.000 - 90.500) = 19.000 \text{ m.}$$

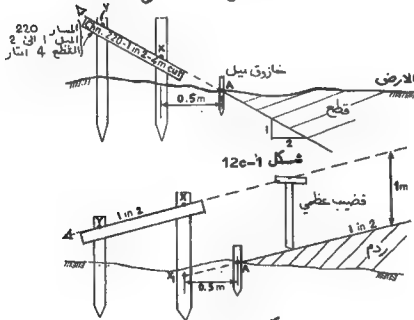
فاذا كان عرض التكوين formation width يساوى 20 م فان b تساوى 10 م و (x+b) تساوى 29.00 م . فاذا امسكت المسطوي في A التي لها نفس مستوى الارض في A ، طبيعيا ، ستكون المسافة المحتسبة (x+b) لا تساوى المسافة المقاسة من خط الوسط الى A₁ . ولديه سيكون هنالك تعاقبا فقط عندما تصل المسطرة الى موقع خازوق الميل A .



شكل 12a-1 سدة مقترحة



شكل 12b-1 قطع out مقتر



شكل 12d-1

يجب ان يتبع أسلوب " التجربة والخطأ " اعلاه دائما في الحقل لتجنب الاخطاء في قياس الابعاد من المخططات او قبول هذه الابعاد مطبوعه من قبل الحاسبه الالكترونيه بدون تدقيق .

لوحات الميل Batter Boards

تستخدم لوحات الميل او سلكه الميل كما حينما يسمونها للسيطرة في انشاء الميل الجانبيه لقصر او لردم (انظر الشكل-12c و 12d-1) .

خذ الشكل-12c ، فلوضع الخازيق المجاور لخازيق الميل على بعد 0.5م فتمعين الميل 1 شاقولي الى 2 افقي سيكون منصوب النقطة x اعلى من منصوب الارض في A + 0.25م . ثم يثبت لوح ميل من x وبميل مقداره 1 الى 2 باستخدام مثلث قائم الزاويه نسبة ضلعيه القائمين 1 الى 2 وميزان كحولي . تكون عادة المسافة بين الخازيقين x و x لا اكتر من متر واحد وتثبت الممولات كطول المسار chainage والميل و slope ومسق القطع و depth of cut على لوحة الميل .

اما في حالة السد embankment ، شكل-12d ، فيستخدم قضيب عظمي للسيطرة على الميل ، وفرض ان طول القضيب العظمي المستخدم يساوي 1م ، وحينئذ الخازيق القريب ، مثلا ، بعدد 5-0م من خازيق الميل فان النقطة x ستكون اوجلا من مستوى الارض في A بمقدار 0.25م ، وعليه ستكون النقطة x اعلى من مستوى الارض في A + 0.75م . بعدها تثبت لوحة الميل من x بنفس الطريقة التي تم شرحها الان .

CONTOURING

7-1 الاصال الكتوريه

التعريف البسيط للخط الكتوري هو انه الخط الذي يصل كافة النقاط ذات الارتفاع او المنسوب الواحد ، وهكذا فالخطوط الكتوريه على خارطة توضح شكل او تكون الارض . فمثلا عندما تكون الخطوط الكتوريه قريبه من بعضها فانها تمثل ارضا مائله بقوه ، والعكس صحيح . وتستخدم الخطوط الكتوريه من قبل المهندس لافراض خطفه ، وكما مبين في ادناه :

- (a) في احساب الحجم .
- (b) في انشاء خطوط ذات ميل ثابت .
- (c) لتحديد حدود منشأ . فعلى سبيل المثال ، تبين نقاط تقاطع الخطوط الكتوريه (خطوط ضرب strike lines) لميل منشأ او مقترح انشاء مع الخطوط الكتوريه لارض ذات ارتفاع مائل عندما تتصل ببعضها الحدود او مواقع خوازيق الميل لنفسها .
- (d) في تخطيط وتقياس مساحات تصريف المياه الثقيله .

تسمى المسافة الثابته الشاقوليه بين الخطوط الكتوريه " الفترة الكتوريه contour interval " ، فتعتمد الفترة الكتوريه الملائمه في حالة اوضاع ما في استخدامها على :

- (a) الكلفه ، فكما صغرت الفترة المستخدمه زاد العمل موديا الى كلف اعلى .
- (b) النضر من الصمم ومدى امتداده of the survey purpose and extent عندما يراد عمل مخطط لتصميم تصليليه او لقياس الاصال الترابيه تستخدم فترة كتوريه صغيره بعدد 5-0م الى 2م لمساحات اكبر . اما للخرايط الطوبوغرافيه بشكل عام فان الفترة ممكن ان تكون بين 5م و 20م ، وهكذا تعتمد على مقياس الرسم المتبع وطبيعة الخطفه .

يمكن ان تكون المسطرة التاكنتورية (وهي المسطرة المستخدمة في قياس الابعاد) اكثر الطرق شيوعا للاعمال الكنتورية عموما . مع ذلك ، عندما يتطلب الامر دقة عالية ، وهذا يمكن استخدام جهاز تمهين ومسطر مساحه وحسب الخطوات التالية :

(a) الطريقة المباشرة Direct Contouring في هذه الطريقة تثبت اوتاد على الخط الكنتوري الحقيقي للارض فيجري مسح موقعه . بعدها تؤخذ قراءة خلفيه لراقم تمهينه وقتي ويحتسب ارتفاع خط النظر للجهاز ، مثلا 34.800 م فوق خط الاسناد ، فان قراءة مقدارها 0.800 م على المسطرة سوف تشير الى ان قدم المسطرة كان على ارتفاع 34.000 م ، وهذه الطريقة يمكن تمهين الخط الكنتوري ذي الارتفاع 34 م ، وتثبت اوتاد عليه على مسافات منتظمة . ونفس الطريقة تعطي قراءة 1.800 م للمسطرة الخط الكنتوري ذو الارتفاع 33 م .. وهكذا . فيجري تمهين الخطوط الكنتورية واحدا تلو الاخر ويتم مسح مواقعها باستخدام الطرق المناسبة . وحيث ان دقة الخطوط الكنتورية لا تعتمد فقط على دقة التمهين ولكن ايضا على دقة مواقعها وهذا يمكن ان يكون العامل المسيطر في طريقة المسح الضميمة لتمهين موقع الخط . يمكن ان تتم ايضا بواسطة السلم او اللوحة المستوية او بواسطة الارزاحات الجانبية العمودية offsets او بانشاء خطوط قطريه polar او بتقاطع خطوط منشأة من اخلاص ضلع .

(b) الطريقة غير المباشرة indirect Contouring وهذه الطريقة تتضمن انشاء مربعات (شبك grid) للمنطقة وايجاد مناسيب اركان هذه المربعات . وفترة المربعات (او طول ضلع المربعات) تعتمد على طبيعة المنطقة والغاية التي من اجلها تؤخذ العمليات . كذلك فان هذا العامل الشاسي يمكن ايضا ان يسيطر على الدقة في تمهين المربعات . فعلى سبيل المثال ، اذا كان الشبك سيستخدم في ضبط الابعاد ايضا لاقتضى الامر ان يكون بدرجة عالية من الدقة . بعدها تتم تعشية منتظمة بين الارتفاعات على فرضان الميل بينها هو منتظم . لتمهين الخطوط الكنتورية ، وهذا يتعلق الامر باستقامة طريق ، تؤخذ المناسيب على مسافات منتظمة الى كل من جانبي خط الوسط للطريق على استقامة خطوط عمودية على خط الوسط . بعدها تستخرج المناسيب للخطوط الكنتورية ، وهذه المناسيب ايضا تستخدم بشكل مباشر في احتساب مساحات المقاطع العرضية لكميات الاحمال الترابية .

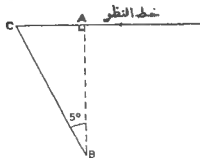
مثال 1 في الشكل 1-13 مبين مواقع للاوتاد التي يتطلب الامر تثبيتها لانشاء صبة كونكريتية مائله . وسحب العوارض في الموقع ، ويمكن تثبيت جهاز التمهين القلاب tilting level المستخدم لتثبيت الاوتاد بمناسيبها الصحيحة ، فقط في محطة X التي تبعد 100 م من راقم التمهين . يجب ان يكون منسوب البؤلة A 100 م وان يكون للعبة الكونكريتية ميلا تقريبا ثابتا من A واتجاه A مقداره 1 الى 20 والى الاسفل . ولضمان الدقة في تمهين المناسيب فقد تقرر تنظيم الجهاز قبل استخدامه ، ولكن اقتض بان الالة اللازمة لتنظيمه كانت مفقوده من صندوق الجهاز . لذا فقد اجري الفحص لايجاد اى خطأ قد يكون موجودا في ارتفاع خط النظر للجهاز ، وقد وجد بان هذا الخطأ مساويا 0.04 م لكل 100 م الى الاسفل . على فرضان القراءة الخلفية من المحطة X الى المسطرة المسوكة فوق راقم التمهين كانت 1.46 م ، ووجدت المسطرة التي يجب ان تؤخذ عندما تكون على الاوتاد في A و F و H ولا قرب 0.01 م ، لكي يتم تثبيت هذه الاوتاد بمناسيبها الصحيحة .

اشرر باسمها الخطوات التي يجب اتباعها في تمهين الخطأ في ارتفاع خط النظر لالة التمهين القلاب . (جمعية المهندسين المدنيين البريطانيين)

الحل : (a) يقع الجواب هنا في معرفة و للمرة الثانية ، ان التصويه دائما تبدأ بقراءة خلفيه وتنتهي بقراءة اماميه وان نقاط التغيير هي دائما نقاطا خلفيه واماميه بنفس الوقت (انظر ما سبق) .
 (b) بسبب الخطأ في خط النظر فان القراءة الخلفيه تعوى زياده مقدارها $(6' \tan 100)$. وبسبب خطأ خط النظر ايضا فان القراءة الاماميه تعوى زياده مقدارها $(6' \tan 30)$. وعليه فان الخطأ **الصافي في القراءة الخلفيه** :
 $100 \tan 6' - 30 \tan 6' = 70 \tan 6'$
 يجب ان يلاحظ الطالب بان القراءات الوسطيه ليست هي ضروريه في احتساب راقم التصويه الوقتي ، وبماكان الطالب يرهان ذلك لنفسه بتغطيه العمود المخصص للقراءات الوسطيه في الجدول واحتساب قيه راقم التصويه الوقتي باستخدام القراءات الخلفيه والاماميه فقط . وحيث ان هناك ثلاث نصبات للجهاز فان **مجموع الخطأ الصافي في القراءات الخلفيه هو** :

(كبير نسبيا)
 $= 30 \times 70 \tan 6' = 0.366 \text{ m.}$
 ومنسوب راقم التصويه الوقتي :
 $= 113.666 - 0.366 = 113.300 \text{ m.}$
 (c) من الشكل 14-1 يتضح بان القراءة الحقيقيه (AB) تساوي القراءة الحقيقيه (CB) مضروبه $(\cos 5^\circ)$ ، وعليه فان كل قراءة خلفيه واماميه يجب ان تصحح بفرعها $(\cos 5^\circ)$. مع ذلك فان هذا سيكون كسرب كل من مجموع القراءات الخلفيه $(\sum b.s.)$ ومجموع القراءات الاماميه $(\sum f.s.)$ بالمقدار $(\cos 5^\circ)$. وحيث ان القراءة الخلفيه تطرح من القراءة الاماميه للحصول على الفرق ، فالفرق الحقيقي اذن بالارتفاع :
 $= (\text{الفرق الفعلي}) \times \cos 5^\circ$
 $= 1.386 \cos 5^\circ = 1.381 \text{ m.}$
 ومنسوب راقم التصويه الوقتي (t.b.m.) :
 $= 112.280 + 1.381 = 113.661 \text{ m.}$

الملاحظات	المنسوب R.L.	الارتفاع	فر.	إ.س.	أ.ف.
B.M. راقم تصويه	112.280			1.765	1.143
	111.658			2.566	
	110.857				
	109.603		3.820		1.390
	108.731			2.262	
I.B.M. راقم تويه وتقي	110.329	1.598		0.664	
	110.560	0.231			
	111.396	0.836	0.433	2.886	3.722
	112.664	1.268		1.618	
	113.666	1.002	0.616		
	113.666	4.935	4.869		6.255
	112.280	3.549			4.869
تحقيق	1.386		1.386		1.386



شكل 14-1

مسألة 3: طريق سريع اتجاهه شمالا وعرضه سار المربعات فيه 8 م بين الارضه ، وقد اخذت الضاميب التالية لمسطحه وعلى طول مقطع له وعلى ما بان المسافه تزداد باتجاه الشمال . هنالك جسرا كونكريتيا بعرض 12 م ذو سطح سفلي افقي يحمل طريقا ثانويا يعترض الطريق السريع من الجنوب الغربي SW الى الشمال الشرقي NE حيث يقطع خط الوسط للطريق الثانوي خط وسط الطريق السريع عند طول مسار مقداره 1550 م . فاذا كان منسوب التاج (ارتفاع خط الوسط) للطريق السريع عند طول المسار 224.000 م يساوي 224.000 م .

- (a) اوجد المناسيب للقراءات المبينه في الجدول ادناه وطبق التعقيقات الحسابيه المتبعه عليها .
 (b) افرض ان سطح الطريق السريع يتكون من عدة مستويات . اوجد اقل ارتفاع شاقولي بينها وبين اسفل الجسر . (جامعة لندن)

الموقع	طول المسار (متر)	م.م	م.م	م.م
الممر الغربي	1535			1.591
التاج	1535		1.490	
الممر الشرقي	1535		1.382	
اسفل الجسر			4.566 -	
الممر الغربي	1550		1.079	
التاج	1550		0.981	
الممر الشرقي	1550		1.073	
منطقة تقشير		0.844		2.256
الممر الغربي	1565		1.981	
التاج	1565		1.884	
الممر الشرقي	1565	1.975		

* المسطره مقوسه

الحل يستخدم بالتسجيل طريقة ارتفاع مستوى النظر (h.p.c.) بسبب تعدد القراءات الوسطيه .
تحقيق القراءات الوسطيه :

$$2245.723 = (2.819 + 5.504) - (3 \times 226.393) + (7 \times 224.981) = 2245.723$$

$$2245.723 = 8.323 - 679.179 + 1574.867$$

على الطالب الان ان يرسم مخططا للمسوال ويضيف كافة المعلومات الملائمه عليه كما مبين في الشكل 1-15 .
 عند تحديد الشكل 1-15 يتبين بان الطريق صاعد من الجنوب الى الشمال بميل منتظم مقداره 0.51 م شاقولي لكل 15 م افقي ، وهذا يعني ان اهدم نقطه شمالا (نقطه B على الممر الشرقي) يجب ان تكون الاطى مع ذلك ، وحيث ان تاج الطريق هو اطى من الجانب ، يجب التحقق من النقطه A على التاج ، وبالمكان اهمال النقاط الاخرى .

والان من الشكل ، المسافه من طول مسار 1550 الى A على خط الوسط تساوي : $8.5 \text{ m} = 6 \times 2^{\frac{1}{2}}$
 اذن الارتفاع بالمنسوب من طول مسار 1550 الى A : $0.288 \text{ m} = (0.509/15) \times 8.5$
 اذن المنسوب في A يساوي 224.288 m معطيا ارتفاعا صافيا clearance مقداره : $5.259 \text{ m} = 224.288 - 229.547$
 المسافه من طول المسار 1550 الى B على استقامه الممر الشرقي تساوي : $12.5 \text{ m} = 8.5 + 4$
 اذن الارتفاع بالمنسوب من طول مسار 1550 الى B : $0.425 \text{ m} = (0.510/15) \times 12.5$
 اذن المنسوب في B : $224.333 \text{ m} = 223.908 + 0.425$
 اذن الارتفاع الصافي عند B : $5.214 \text{ m} = 224.333 - 229.547$
 اذن اقل ارتفاع صافي شاقولي يكون عند اكر النقاط شمالا على الممر الشرقي ، اي عند B .

(2) لوحظت القراءات التالية للمسطرة بالتسلسل التالي عند اجراء التسوية لجانب تل من راقم تسوية وقتي
يمته 135.20 م فوق خط الاسناد المساحي ، حيث كان كل موقع للمسطرة اعلى من الذي سبقه عدا الموقع
لذي ياتي مباشرة فوق راقم التسوية الوقتي . ادخل القراءات في دفتر التسوية بطريقتي الارتفاع والانخفاض
ارتفاع خط النظر (h.p.o.) . بالامكان دمج الطريقتين في جدول واحد لمنع التكرار في تسجيل القراءات :

1.408 و 2.728 و 1.856 و 0.972 و 3.746 و 2.746 و 1.597 و 0.405
3.280 و 2.012 و 0.625 و 4.136 و 2.664 و 0.994 و 3.901
1.929 و 3.478 و 1.332 (جامعة لندن)

(3) اخذت القراءات التالية للمسطرة بالامتنار في احوال تسوية على طول خط وسط طريق (ABC) حيث ان
D هي اوطأ نقطة على سطح الطريق تحت جسر يمر فوق الطريق عند هذه النقطة ، وحيث ان المسطرة يمكن
حكوسه على السطح السفلي لمعارضة الجسر في نقطة B مباشرة فوق النقطة D . اوجد العناصر بشكلها الصحيح
بطريقة معروفة مع تطبيق التحقيقات ، ثم اوجد الارتفاع الصافي بين الطريق والجسر عند النقطة D . فلو

ملاحظات	f.s.	i.s.	b.s.
(المنسوب 250.05 م فوق خط الاسناد المساحي) A نقطة تغيير c.p.	1.128		2.405
B	1.466		1.954
D		2.408	
E		-1.515	
نقطة تغيير c.p. C	2.941		1.460
	2.368		

عتبر الطريق كان (AC) هو ميل منتظم ، ماذا سيكون الارتفاع الصافي بين الطريق والجسر عند النقطة D ؟
لما بان المسافة (AD) تساوي 240 م (DC) يساوي 60 م . (جامعة لندن)
(الجواب : 3.923 م و 15.071 م)

(4) قارن بين جهاز التسوية نوع دمي والقلاب في التركيب وطريقة الاداء . اذكر بشكل عام امس
مل جهاز التسوية الطقائي . (جمعية المهندسين المدنيين البريطانيين)

(5) اخذت القراءات التالية بمسطرة مساحه مترية على سلسلة من الاوتاد المسافة بين الواحد والاخر 100 م
على طول خط خندق مقترح . لئلا تقرر ان يبدأ الحفر للخندق من الوند A الذي عدده يكون منحوب
ستوى تكوين القاع formation level 26.50 م نازلا باتجاه الوند E بميل مقداره 1 الى 200

ملاحظات	f.s.	i.s.	b.s.
راقم تسوية وقتي t.b.m. 28.75 m			2.10
وند A		2.85	
وند B	3.51		1.80
وند C		1.58	
وند D		2.24	
وند E	2.94		1.68
		2.27	
		3.06	
راقم تسوية وقتي t.b.m. 24.07 m	3.81		

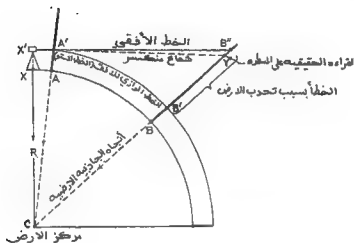
احسب ارتفاع سكة النظر بالامتنار عند كل من A و B و C و D و E اذا استخدم قضيب عظمي طوله
3 م . اشرح باختصار النواحي الغنية والفقيرة في استخدام شعاعات ليزر للمسطرة بالنسبة
للأعمال الأكثر دقة .

(الجواب : 1.50 و 1.66 و 0.94 و 1.10 و 1.30)

7-1 التسمية الدقيقة

Definitions 1-7-1 تا 1-7-ف

إضافة الى تعاريف التسمية البسيطة ، تقتضى الحاجة الى معرفة ما يلي :



شكل 1-16 .

الخط المستوي Level Line ، تصور النقطتين A و B ، تصل بينهما مسافة على سطح الأرض (شكل 1-16) ولهما نفس الارتفاع فوق مستوى سطح الأرض. باهمال تأثيرات الانكسار وبفرض ان الأرض هي كرة تامه ستكون القراءتان من X' الى كل من المسطرتين المتوازيين في A و B متماثلتين . ولتحقيق ذلك يتطلب الامر ان يكون خط النظر منحنيًا وموازيًا الى سطح الأرض معطيا قراءتين عند A' و B' .
 كذا خط يسمى الخط المستوي وهو في كل النقاط صودي على اتجاه الجاذبية الأرضية .

الخط الأفقي Horizontal Line ، في الرضمية اعلاه يكون خط النظر من X' الى B'' يسمى بالخط الأفقي . القارة في B'' ستؤدى بمنسوب B لكي يظهر أيضا بمقدار (BB'') ، وهذا الخطا هو بسبب تعدد الأرض الذي يحتاج الى تصحيح موجب مقداره (BB'') للمنسوب الظاهري لنقطة B . مع ذلك لا يبقى الخط $(X'B)$ أفقيا ولكنه مرفوعا للأمام ، ويعطي القارة الفعلية للسطح Y ، عليه فان تصحيح تعدد الأرض يقل بمقدار السهم تقريبا .

Curvature and Refraction 2-7-1 التحديد والانكسار

التحدي

$$\begin{aligned} (XB)^2 &= (CB)^2 - (CX)^2 \\ &= (R+h)^2 - R^2 \\ &= R^2 + 2Rh + h^2 - R^2 \\ &= 2Rh + h^2 \end{aligned}$$

من الشكل 17-1:

مشال محلول

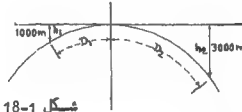
في بصر المسح التلبيسي من ارض رئيسية الى جزيرة بعيدة ، اخذت رصدات بين محطتي تنظير احدهما ترتفع 3000 م والاخرى 1000 م فوق سطح البحر . فاذا لامر الشعاع من محطة الى اخرى البحر ، ما هي المسافة التقريبية بين المحطتين (a) باهمال الانكسار (b) باخذه بنظر الاعتسار . (جمعية المهندسين المدنيين البريطانيين) . (R = 6400 Km .)

الحل ، راجع الشكل 18-1

$$D_1 = (2Rh_1)^{\frac{1}{2}} = (2 \times 6400 \times 1)^{\frac{1}{2}} = 113 \text{ Km.} \quad (a)$$

$$D_2 = (2Rh_2)^{\frac{1}{2}} = (2 \times 6400 \times 3)^{\frac{1}{2}} = 196 \text{ Km.}$$

$$D = 309 \text{ Km.}$$



شكل 18-1

$$D_1 = \left(\frac{7}{6} \times 2Rh_1' \right)^{\frac{1}{2}} \quad (b) \text{ من المعادله (6-1)}$$

$$D_2 = \left(\frac{7}{6} \times 2Rh_2' \right)^{\frac{1}{2}}$$

مع ذلك ما دامت

$h_1' = h_1$ ، $h_2' = h_2$ ،
وبالمقارنة بالمعادله في (a) اعلاه ، يتضح بان تأثير الانكسار يؤدي الى زيادة المسافه بمقدار $\left(\frac{7}{6} \right)^{\frac{1}{2}}$.
* . D = 309 $\times \left(\frac{7}{6} \right)^{\frac{1}{2}} = 334 \text{ Km.}$

Reciprocal Levelling

3-7-1 التسويه المتبادله

في التسويه الدقيقه تبقى اطوال خطوط النظر متساويه الى اقرب 0.5 م . وهذا يساعد في حذف خطأ خط النظر المتقي ، كذلك يساعد في حذف الاخطاء الناتجه من التعديب ثم تقليل اخطاء الانكسار . عندما تتطلب الحاجه الى صوره فحوه كبيره خلال عمليه تسويه ، فانه يصعب من المستحيل ان تتساوى القراءات الخلفيه والاماميه ، وهكذا يجب استخدام طريقه التسويه المتبادله .

بالجهاز قرب A (شكل 19a-1) الفرق بالنصب بين A و B يساوى ويساوى

$$d_{AB} = x_2 - x_1 = (h - r) \quad (a)$$

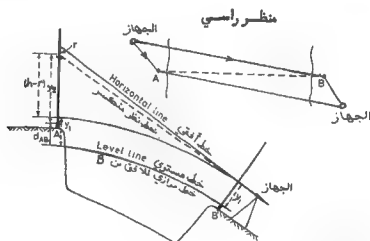
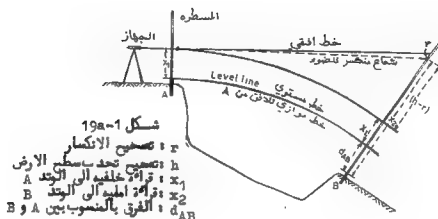
ثم بالجهاز قرب B (شكل 19b-1) الفرق بالنصب بين A و B يساوى ويساوى

$$d_{AB} = y_2 - (y_1 - (h - r)) = y_2 - y_1 + (h - r) \quad (b)$$

والان ($x_2 - x_1$) هو الفرق في قراءات المسطره من نقطه A ويساوى X و ($y_2 - y_1$) هو الفرق في قراءات المسطره من نقطه B ويساوى Y .

اذن بجمع المعادلتين (a) و (b) ينتج :

$$2 d_{AB} = X + Y \quad , \quad \therefore d_{AB} = \frac{X + Y}{2} \quad \dots (c)$$



وهكذا فالتمويه المتبادله تحذف تأثيرات التحدب والانكسار ، و الفرق بالارتفاع بين A و B هو بكل بساطه يساوي معدل الفرق بالارتفاعين من كل ضفه .
فالمعادلات اعلاه تعبران قيمه t متساويه في الحالتين ، مع ذلك ، لو استخدم جهاز واحد سيكون هناك تقصيرا بالوقت t_{lag} في نقله الى الجهة المقابله ، وان قيمه t يمكن ان تتغير خلال هذا الوقت .
وهكذا للحصول على نتائج افضل يستخدم جهازين يثبت كل واحد منهما في ضفه وتؤخذ الرصدات في آن واحد . مع ان هذه الطريقه تعطي نتائج افضل مما لو استخدم جهاز واحد ، ولكن سيكون لكل جهاز خطأ في خط النظر يختلف عن الاخر ، وعليه يجب ان يتبادلان وتعاد الخطوات باكملها . فمعدل القيم الاربعه سيكون اذن هو الفرق الاكبر احتمالا بين النقطتين .

امثله محلوله

مثال 1 ، اوجد ، ابتداءً بالمبادئ الاولية ، تمبيراً يعطي صحيحاً مرئياً لكروية الارض والانكسار الجوي في التصويه . افترض ان الارض هي كره قطرها 12740 كم . وقد اعطت عملية التصويه المتبادله بين نقطتين Y و Z المسافه بينهما 730 كم على ضفتين متقابلتين من نهر النتائج التاليه :

قراءة المسطره (متر)	المسطره في	ارتفاع الجهاز (متر)	الجهاز في
1.688	Z	1.463	Y
0.991	Y	1.436	Z

جد الفرق في الارتفاع بين Y و Z وقيمة اى خطأ في خط النظر للجهاز . (جميعية المهندسين المدنيين البريطانيه)

الحل

(a) ...
 (b) عندما يكون الجهاز في Y ، تكون Z اوطأ بمقدار :

$$(h - r) = \frac{6 D^2}{14 R} = 0.0673 D^2 \text{ m.}$$

$$= (1.688 - 1.463) = 0.225 \text{ m.}$$

 عندما يكون الجهاز في Z ، تكون Y اوطأ بمقدار :

$$= 1.436 - 0.991 = 0.445 \text{ m.}$$

 فالفرق الحقيقي بين Y و Z :

$$= (0.225 + 0.445) / 2 = 0.335 \text{ m.}$$

 ارتفاع الجهاز في Y يساوي 1.463 م . والان وبعد معرفة ان Z هي اوطأ بمقدار 0.335 م فالقراءة الافقيه الصحيحه على Z يجب ان تكون (1.463 + 0.335) وهذا يساوي 1.798 م ، مع ذلك فقد كانت 1.688 م اي (-0.110) م اوطأ ، والعلامة السالبه تشير الى انها اوطأ .
 ان هذا الخطأ الذي سببه التعدي لانكسار هو (h - r) والخطأ في خط نظر الجهاز هو .
 وهكذا :

$$(h - r) + (e) = -0.110 \text{ m.}$$

$$(h - r) = \frac{6 D^2}{14 R} = \frac{6 \times 730^2}{14 \times 6370 \times 1000} = 0.036 \text{ m.}$$

$$\therefore e = -0.110 - 0.036 = -0.146 \text{ m.}$$

اي (- 0.146) م لمسافة 730 م
 ان خطأ خط النظر يساوي 0.020 م لمسافة 100 م والى الاسفل .

مثال 2 : المسافة بين A و B هي 2400 م وقد اعطت رصدات بجهاز تصويره ما يلي :

الجهاز في A ، ارتفاع الجهاز 1.372 م ، القراءة في B تساوي 3.359 م .

الجهاز في B ، ارتفاع الجهاز 1.402 م ، القراءة في A تساوي 0.219 م .

احسب الفرق بالارتفاع والخطأ في الجهاز ، اذا طمت ان تصحيح الانكسار هو سبع تصحيح التعذب . (جامعة لندن)

الحل :

الجهاز في A ، B هي اوطأ بمقدار : $1.987 \text{ m} = (3.359 - 1.372)$

الجهاز في B ، B هي اوطأ بمقدار : $1.183 \text{ m} = (1.402 - 0.219)$

3.170 m.

الفرق الحقيقي بالارتفاع بين B و A : $1.585 \text{ m} = \frac{1}{2} \times 3.170$

الخطأ المركب بسبب التعذب والانكسار : $0.0673 \text{ m} = D^2 \times 0.0673$

$0.388 \text{ m} = 2.4^2 \times 0.0673$

والان باستخدام نفس الخطوات كما في المثال رقم 1 اصلاح :
عندما يكن الجهاز في A ، ارتفاع الجهاز 1.372 م . وهكذا بالقراءة الحقيقية في B هي :

$$= (1.372 + 1.585)$$

$$= 2.957 \text{ m}.$$

القراءة الفعلية في B تساوي : 3.359 m.

اي أعلى : $+ 0.402 \text{ m}.$

وهكذا : $(h - r) + e = 0.402 \text{ m}.$

$$e = + 0.402 - 0.388 = + 0.014 \text{ m}.$$

اي 0.014 م لمسافة 2400 م .

اذن خطأ النظر (•) Collimation error يساوي :
(+ 0.001) متر لمسافة 100 م والى الاعلى .

(1)

(a) اوجد ، ابتدءاً* بالمبادئ الاولى ، المسافة التقريبية التي هدها يكون تصحيح التحذب والانكسار في عملية تصويبه يساوي 3 ملم ، بفرض ان تأثير الانكسار هو سبع تأثير كروية الارض وان الارض هي كرة قطرها يساوي 740 12 كم .

(b) محطتي مسح A و B على ضفتين متعاكستين من نهر المسافة بينهما 780 م ، وقد اخذت مناسب متبادله بينهما وظهرت النتائج التالية :

قراءة المسطرة	المسطرة في	ارتفاع الجهاز	الجهاز في
(متر)		(متر)	
1.835	B	1.472	A
1.213	A	1.496	B

اوجد النسبة بين تصحيح الانكسار وتصحيح التحذب ، والفرق بالارتفاع بين A و B .
(الجواب : (a) 210 م (b) اوطاً بمقدار 0.323 م النسبة هي 0.14 الى 1)

PRECISE LEVELLING EQUIPMENT

8-1 معدات التصوير الدقيقة

مساطر التصوير الدقيقة ، لها اطار خشبي يحمل بدخله تدريجات على معدن الانفار invar مثبت في الاسفل ولكنه يتحرك بحسبه على طول الجزء الباقي من الاطار يمتلك يسمح بالتمدد الحراري . هنالك بعض المساطر تتألف من سلكين من معدن الانفار الواحد مدج بعكس اتجاه تدريج الآخر لحذف الاخطاء النهائية في القراءة ، كذلك هناك فقاعة كحوليه لضمان الشاقوليه كما ان هنالك قضبان للتسكين ايضاً . السلك مقسم الى فترات طولها 10 ملم او 5 ملم .

تنظيمات

(a) يجب فحص المسطو مرة واحدة في الاسبوع في الاقل لضمان الشاقوليه ، باستخدام الشاقول والفقاعة الدائرية التي تنظم ان اقضي الامر .

(b) كذلك يجب اجراء فحص الامواج warping اسبوعيا وذلك ببسط سلك دقيق من نهاية الى اخرى فأكبر خطأ يجب ان لا يزيد على 6 ملم .

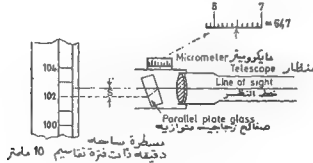
(c) يجب ان تكون اخطاء التدريجات معروفة عليه يجب ان تصحح بتصحيح المسطرة مقابل شريط قياس من مادة الانفار ، وهذا مهم خصوصا عندما تستخدم مسطرتين لكل واحدة منها خطأ في التدريجا يختلف عن خطأ الاخرى .

1-8-1 آلات التسويه Levels

اجهزة التسويه هي اما من نوع القلاب او الثقافي ودقتها تعتمد اساسا على حساسية الفقاعة وقوة التكبير والميزات التحليلية للعدسات .
الفقاعات : كلما زاد نصف قطر تقوس انبوب الفقاعة زادت الفقاعة حساسية ، وهكذا يكون الفقاعة مجال اكبر للحركة الافقيه لكل درجة واحدة من الميل ، وهذا يسكن من اكتشاف اى حركه عن الوسط .
 احسن الطرق لجعل الفقاعة افقيه هي عندما تنظر من خلال تركيب تظهر فيه الفقاعة مجزاة split bubble system . ويدهى بان هذه الطريقة هي ثمان مرات ادق مما لو شهدت الفقاعة مكشوفة .
قوة التكبير : تزيد من دقة القراءة على المسطو بشكل مباشر وهي بذلك تزيد من مدى الرويه .

2-8-1 المايكروميتر ذو الصفيحة المتوازيه Parallel Plate Micrometer

في التسويه الدقيقه تكون دقة تقدير 1 ملم ليست كافيه . فهناك المايكروميتر الزجاجي ذو الصفيحة المتوازيه الى امام العدسه الشيئيه يساعد في القراءة مباشرة الى اقرب 0.1 ملم وتقديريا الى اقرب 0.01 ملم . ان اساس عمل هذا التركيب مبين في الشكل 20-1 . فاذا كان الصفيح المتوازي شاقوليا لدخل خط النظر من خلاله بدون انحراف ولكن كانت القراءة تتساوى 1.026 م حيث تم قراءة الرقم الاخير تقديريا . مع ذلك فبتحريك المايكروميتر يميل الصفيح المتوازي حتى يوصف خط النظر الى اقرب قراءة مدرجه والتي هي هنا 1.02 م ، ويقاس مقدار الرفع ه على المايكروميتر ويضاف الى القراءة الدقيقه ليعطى 1.0264 م . حيث يجرى تقدير اخر مرتبه عشرية فقط .



شكل 20-1

يضع من الشكل بانه كان بإمكان الصفيح ان يتحرك بنفس الطريقه ولكن بعكس الاتجاه مزيجا خط النظر الى الالى . ولتحاشي صعوبة اختيار جمع او طرح الرفع ه يتم تصغير المايكروميتر قبل كل رسده وهذا يسمح بميل الصفيح الى اقصى موقع له بعكس اتجاه ما هو مبين في الشكل 20-1 . وهذا يزيح خط النظر الى الالى كما انه لا يؤثر على عملية التسويه ما دام انه يتم لكل رسده . وفي هذا المسجل فان لولب المايكروميتر سيتحرك من صفر الى 10 وان خط النظر يزيح دائما الى الاسفل بالمقدار ه الذى يضاف دائما .

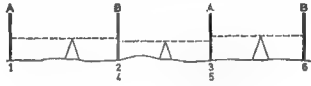
تصنع اجهزة المايكروميتر ذات الصفيحة المتوازيه ايضا لغرض الاستخدام مع مسطره بفترة تدريج مقدارها 5 ملم .

Sources of Error

3-8-1 مصادر الخطأ

- إضافة الى مصادر الخطأ آتفة الذكر لكلا التوسيتين البسيطة والدقيقة فانه يجب ملاحظة الامور التالية :
- (1) استخدم اطباق تسميه خاصه عدد نقاط التفسير لتقليل الخطأ الناتج عن هطول الجهاز والمسطره عندما تجرى التسميه على ارض رخوه ، وخذ القراءه بسرعه ، ولتسهيل العطيه ، استخدم مسطرتين و سدد الى نفس المسطره اولاً كما في الشكل 21-1 .
 - (2) مساو بين اطوال خطوط النظر لتقليل تأثيرات الانحناء والانكسار ، في هذه الحاله سوف لن يحدف تساوي جميع اطوال النظر الخلفيه والاماميه الخطأ لان الخطأ متناسب مع مربع المسافه .
 - (3) يجب عدم خلط التسميه ذهاباً في الصباح ورجوعاً في المساء باعتبار ان سطح الارض هو ابرد في الصباح وادفاً في المساء ، وبذلك تقلل لتأثيرات الانكسار .
 - (4) لعم الجهاز من حرارة الشمس لتقليل الاعطاء الناجمه من الاختلاف في تعدد اجزائه .
 - (5) يجب تنظيم كافة الدورات circuit بطريقة اصغر المرحلات

* Least Squares



شكل 21-1

Accuracy

4-8-1 الدقيقه

كموسر لقبول عمل من عدمه فان الاختلاف في المنسوب يجب ان لا يزيد على $(\pm 4(K)^{\frac{1}{2}})$ ملم حيث ان K هي المسافه التي تمت تسميتها بالكيلومترات .

EARTHWORKS الأعمال الترابية

يعتبر تقدير المساحات والحجوم من الامور الاساسيه في معظم المشاريع الهندسيه كالطرق والخزانات والانفاق .. الخ . فستتقدم الطرق الحسابيه الحديثه كالتصوير الجوي photogrammetry والحاسبات الالكترونيه electronic computers . اما الطرق التقليديه والمكتبيه الاساسيه (حتى ولو لم تكن اكثر اقتصاديه للاتصال الصغيره) فهي لا تزال ضروريه لحل المسائل الامتحنيه .

1-2 المساحات AREAS

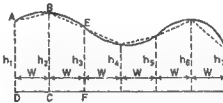
قاعدة شبه المنحرف⁽¹⁾ . شكل 1-2 .

$$\begin{aligned} \text{مساحة اول شبه منحرف (ABCD)} &= ((h_1 + h_2)/2) \cdot w \\ \text{مساحة ثاني شبه منحرف (BCEF)} &= ((h_2 + h_3)/2) \cdot w \\ &\dots \text{ وهكذا .} \end{aligned}$$

اذن المساحة الكليه تساوي مجموع مساحات اشباه المنحرف وتساوي A :

$$A = w \cdot \left(\frac{h_1 + h_7}{2} + h_2 + h_3 + h_4 + h_5 + h_6 \right) \dots (1-2)$$

لاحظ جيدا (1) اذا كانت اول او آخر مركبه صفرا ، فيجب ان يدخل ايضا في المعادله .
(2) تمثل المعادله المساحة النقطه تحت الحدود المنحنيه . وهكذا اذا كانت الحدود محدبه الى الخارج تكون المساحة المحتشمه صغيره ، والعكس هو صحيح ايضا .



شكل 1-2 قانون متوازي الاضلاع وقانون مسجون

قاعدة مسجون⁽¹⁾ Simpson's Rule شكل 1-2 .

$$A = w \cdot \left((h_1 + h_7) + 4(h_2 + h_4 + h_6) + 2(h_3 + h_5) \right) / 3 \dots (2-2)$$

ايه ظت المسافه بين اي مركبتين مضروبه بمجموع الاول والاخير زائد اربعة امثال مجموع المركبات الزوجيه زائد ضعف مجموع المركبات الفرديه .

1 بالاسكان الاطلاع على اشتقاق القانون من كتب الرياضيات ذات العلاقة .

- لاحظ جيدا (1) تفترض هذه القاعدة حدودا منحنية ولهذا فهي اكثر دقة من قاعدة شبه المنحرف .
 اما اذا كانت الحدود على شكل قطع مكافئ parabola فتصبح المعادلة مطابقة .
 (2) تتطلب المعادلة عددا فرديا من المركبات ولديه سيكون هناك عددا زوجيا من المساحات .

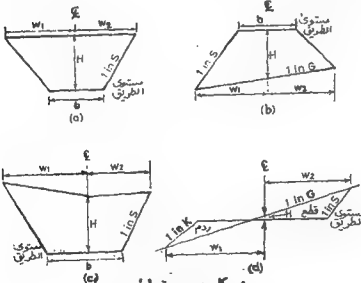
المعادلات آنفة الذكر هي مفيدة لاحتسابات المساحات من المعلومات الناتجة من المسح بالمعللة .
 فالمساحات التي في داخل خطوط المسلمة تكون عادة على شكل مثلثات ، بينما الازلعات الجانبية المتعامدة offsets الى الحدود غير المنتظمة تصبح هي الاحداثيات التي تستخدم في المعادلة .
 كذلك يمكن احتساب المساحة من معلومات التضليع بالمسزواة المستخرجة بطريقة الاحداثيات المبينة في الفصل الثالث .

1-1-2 المقاطع العرضية Cross - Sections

يبين الشكل 2-2 مقاطع عرضية مستعملة في مشاريع الطرق . حيث بكل بساطة ، يمكن قلب المقاطع (a) و (b) و (c) لتستغرين قطع cut الى سده embankment وبالعكس .

مصطلحات :

- b : المؤز النهائي للطريق .
- H : ارتفاع الوسط .
- w_1 و w_2 : عرضي الجانبين مقامين افقيا من خط الوسط المستخدمين في تثبيت خوازيق الميل .
- 1 الى S : ميل جانبي مقداره 1 شاقولي الى S افقي .
- 1 الى G : ميل الارض الفعلي .



شكل 2-2 مقاطع

- (a) cutting
- (b) embankment
- (c) cutting
- (d) hillside

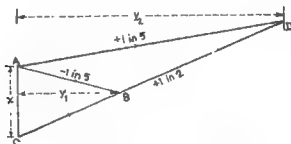
توضع الكتب المنهجية القياسية طرقاً مختلفة لاختراع قوانين إيجاد المساحات وعرض الجانبين .
 بينما يجب ان يكون الطالب على بينة من هذه الطرق ، حيث يكون من الصعب تذكر القوانين ذات
 العلاقة . فطريقة " معدل التوصل " Rate of Approach " التالية ان هي المقترحة
 للافراض الامتعاية (شكل 3-2) .

- فإذا أعطى الارتفاع x والميلين (AB) و (CB) في المثلث (ABC) المطلوب إيجاد المسافة y_1 .
 الطريقة : اجمع الميلين ، وأطلبهما ثم أضرب بـ x .

$$x = 10 \quad x / 7 = y_1 \quad (1/5 + 1/2)^{-1} \quad \text{مثلاً :}$$

- وبـنفس الطريقة لإيجاد المسافة y_2 في المثلث (ADC) .
 أطرح الميلين ، وأطلبهما ثم أضرب بـ x .

$$x = 10 \quad x / 3 = y_2 \quad (1/5 - 1/2)^{-1} \quad \text{مثلاً :}$$



شكل 3-2 معدل الوصول

- اذن القاعدة هي :
- (1) عندما يكون الميلين باتجاهين متعاكسين " كما في (ABC) " ، أجمع . (متعاكستين أي + -)
 - (2) عندما يكون الميلين باتجاه واحد " كما في (ABD) " ، أطرح . (الاشارتين متماثلتين)
- لاحظ جيداً : يجب ان يكون الارتفاع x شاقولياً نسبة الى الميلين (انظر المثال المحلول رقم 4) .

البرهان

من الشكل 3-2 نضع بان الميل 1 الى 5 يساوي 2 الى 10 ، ثم 1 الى 2 يساوي 5 الى 10 ، وهكذا
 فالميلان يعتمدان من B بمعدل 7 الى 10 ، وهكذا اذا كان (AC) يساوي 7 م فإن (EB) يساوي
 $10 \text{ م} \cdot \text{أي} : x \times 10/7 = 7 \times 10/7 = 10 \text{ م} .$

مثال محلول

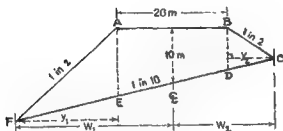
اوجد عرضي الجانبين ومساحة المقطع العرضي لسدة لها الابعاد التالية : (شكل 5-2)
 عرض الطريق 20 م ، ميل الارض الفعلي 1 الى 10 ، الميلين الجانبيين 1 الى 20 ، ارتفاع الوسط 10 م .

الحل : لما كانت المسافة الاقية من خط الوسط الى (AE) هي 10 م وميل الارض الفعلي 1 الى 10 ،
 فإن (AE) سيكون اكبر من ارتفاع الوسط بمتر واحد و (BD) اقل بمتر واحد ، وهكذا :

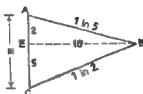
$$AE = 11 \text{ m.} , BD = 9 \text{ m.}$$

$$= 20 \times 10 = 200 \text{ m}^2$$

: (ABDE) المساحة



شكل 5-2



شكل 4-2

والآن لايجاد مساحتي المثلثين المتبقين (AEF) و (BDC) سنحتاج الى الارتفاعين العموديين y_1 و y_2 وكما يلي :

$$1/2 - 1/10 = 4/10$$

(a)

$$y_1 = (4/10)^{-1} \times AE = 11 \times 10/4 = 27.5 \text{ m.}$$

طليه :

$$1/2 + 1/10 = 6/10$$

(b)

$$y_2 = (6/10)^{-1} \times BD = 9 \times 10/6 = 15.0 \text{ m.}$$

طليه :

$$= AE/2 \times y_1 = 11/2 \times 27.5 = 151.25 \text{ m}^2$$

: (AEF) المساحة المثلثية

$$= BD/2 \times y_2 = 9/2 \times 15.0 = 67.50 \text{ m}^2$$

: (BDC) المساحة المثلثية

$$= (200 + 151.25 + 67.50) = 418.75 \text{ m}^2$$

: فالمساحة الكلية :

$$w_1 = 10 \text{ m.} + y_1 = 37.5 \text{ m.}$$

: العرض الجانبي w_1

$$w_2 = 10 \text{ m.} + y_2 = 25.0 \text{ m.}$$

: العرض الجانبي w_2

مثال محلولة

اوجد المرفعين الجانبيين ومساحات المقاطع المرصيه للقطع cut والردم fill لمقطع على منح تل ذي الابعاد التالية : (شكل 6-2) .
مرض الطريق 20م ، ميل الارض الفعلي 1 الى 5 ، الميل الجانبي في القطع 1 الى 1 ، ارتفاع الوسط في القطع 1 م ، الميل الجانبي في الردم 1 الى 2 .

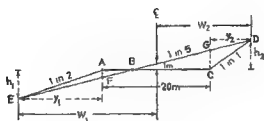
الحل : لما كان ميل الارض الفعلي 1 الى 5 وارتفاع الوسط 1 م ، ينتج ان السافة الانقيه من

$$AB = 5 \text{ m.} , BC = 15 \text{ m.}$$

: طليه : خط الوسط الى B تساوي 5 م

$$AF = 1 \text{ m.} , GC = 3 \text{ m.}$$

: ومن ذلك ينتج بان :



شكل 6-2

والآن : $x_1 = (1/2 - 1/5)^{-1} \times AF = 10/3 \times 1 = 3.3 \text{ m.}$

$x_2 = (1 - 1/5)^{-1} \times GC = 5/4 \times 3 = 3.75 \text{ m.}$

اذن عرض الجانب $w_1 = 10 \text{ m.} + x_1 = 13.3 \text{ m.}$

وعرض الجانب $w_2 = 10 \text{ m.} + x_2 = 13.75 \text{ m.}$

والآن لما كان الميل الجانبي (AE) هو 1 الى 2 $h_1 = x_1 / 2 = 1.65 \text{ m.}$

ولما كان الميل الجانبي (GD) هو 1 الى 5 $h_2 = x_2 = 3.75 \text{ m.}$

اذن مساحة القطع (BCD) cut $= BC/2 \times h_2 = 15/2 \times 3.75 = 28.1 \text{ m}^2$

ومساحة الردم (ABE) fill $= AB/2 \times h_1 = 5/2 \times 1.65 = 4.1 \text{ m}^2$

ينصح الطالب الان بالقيام بحساب المساحة وعرضي الجانبين للشكل 7-2 باستخدام الطريقة اعلاه.

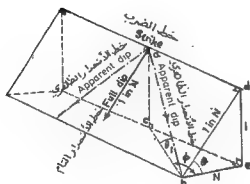
(الجواب: 23.37 m^2 ، 33.3 m^2 ، 15 m^2 ، 25 m^2 ، المساحة 387.3 متر مربع)

يمكن اجراء كثير من الحسابات البسيطة المتضمنة فكرها ، وبذلك تقلصا لكثير من الازمة المفروضة اصلا .



شكل 7-2

2-1-2 الانحدار Dip والضرِب او متجه الطبقة Strike



شكل 8-2

- في مستو . مائل ، هنالك اتجاهها لاطى ميل يسمى " خط الانحدار التام " Line of Full Dip
 واطى خط عمودى على خط الانحدار التام هو خط مستوى Level Line ويسمى " خط
 الضرب " Strike Line (شكل 8-2) .
 واطى ميل بين الانحدار التام والضرِب يدعى " الانحدار الظاهرى " Apparent Dip .
 قد يكون فهم معاني الانحدار والضرِب احياناً صعباً في بعض مسائل الاعمال الترابيه .

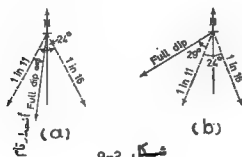
من الشكل 8-2 : $\tan \theta_1 = ac/bc = de/bc = de/be \times be/bc = \tan \theta \cos \phi$

اي :

(3-2) ... (الزاويه المحصوره) $\times \cos$ (الانحدار التام) = \tan (الميل الظاهرى)
 اي ان ظل الميل الظاهرى يساوى ظل الانحدار التام مضروباً بجيب تمام الزاويه المحصوره .

مثال محلول 3 : الانحدار الظاهرى على مستو لاحدى الطبقات يساوى 1 الى 16 واتجاه (S 10° E)
 اي 10 شرق الجنوب ، بينما الانحدار الظاهرى باتجاه (S 14° W) اي 14 غرب الجنوب
 يساوى 1 الى 11 . اوجد الاتجاه ونسبة الانحدار التام .

الحل : ارسم منقطاً للمحالة وافرض اى موقعاً للانحدار التام (شكل 9a-2) :



شكل 9-2

الآن باستخدام المعادله (2-3) اعلاه :

$$\tan \theta_2 = \tan \theta \times \cos \phi$$

$$1/16 = \tan \theta \times \cos (24^\circ - \delta)$$

$$\tan \theta = 1/16 \cos (24^\circ - \delta) \quad (a)$$

$$1/11 = \tan \theta \times \cos \delta \quad \text{وبنفس الطريقه :}$$

$$\tan \theta = 1/11 \cos \delta \quad (b)$$

ويتساوى (a) و (b) :

$$16 \cos (24^\circ - \delta) = 11 \cos \delta$$

$$16(\cos 24^\circ \cos \delta + \sin 24^\circ \sin \delta) = 11 \cos \delta$$

$$16(0.912 \cos \delta + 0.406 \sin \delta) = 11 \cos \delta$$

$$14 \cos \delta + 6.5 \sin \delta = 11 \cos \delta$$

$$3.6 \cos \delta = -6.5 \sin \delta$$

وبالتقسيم على $(-6.5 \cos \delta)$:

$$3.6/(-6.5) = \sin \delta / \cos \delta = \tan \delta \quad \therefore \delta = -29^\circ$$

لاحظ جيدا (1) الدقة المتوفرة في المسطره المنزلقه sliderule هي كافيه لكافة الحسابات .

(2) تشير الاشارة السالبة الى ان الموقع الابتدائي للانحدار التام (شكل 2-a) هو غير صحيح ، وأنه يقع الى خارج الانحدار الظاهري ، وحيث ان الميل يزداد من

(1 الى 16) الى (11 الى 11) فان الانحدار التام يجب ان يكون كما في الشكل 2-b-9.

اذن اتجاه الانحدار التام هو ($S 43^\circ W$) اى 43° غرب الجنوب .

والآن تطبيقا ثانيا للقاعده سيمطي نسبة الانحدار التام :

$$1/11 = 1/x \times \cos 29^\circ$$

$$\therefore x = 11 \cos 29^\circ = 9.6$$

اذن نسبة الانحدار التام تساوى 1 الى 9.6

2-2 الحجم VOLUMES

كثيرا من الحجم التي تصادف اصال الهندسه المدنيه تظهر لاول مره كأنها اشكالا معقده ، مع ذلك بالامكان تقسيم هذه الحجم صمما الى مواشير او اساقين او اهرام .

قاعدتا الموشير (انظر الشكل 2-10) متساويتان ومتوازيتان فالشكل الناتج اذن هو متوازي مستطيلات :

حجم الموشير

$$V = A \cdot L \quad (4-2)$$

اذن حجم الاسفين

$$V = (A/6) \times ((a + b + c) \cdot h) \quad (5-2)$$

و عندما

$$a = b = c$$

الحجم V يساوى :

$$V = A \cdot L / 2 \quad (5a-2)$$

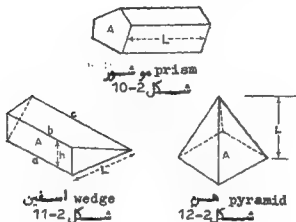
حجم الهرم

$$V = A \cdot L / 3 \quad (6-2)$$

ويكن التعبير عن المعادلات (4-2) و (5-2) و (6-2) بالمعادلة المشتركة التالية :

$$V = (L/6) \times (A_1 + 4A_m + A_2) \quad \dots (7-2)$$

حيث أن A_1 و A_2 هما المساحتين النهائيتين و A_m هي مساحة المقطع الواقع في وسط المسافة بين المساحتين النهائيتين . ومن المهم ملاحظة أن A_m هي ليست المعدل الحسابي للمساحتين النهائيتين إلا في حالة الاسفين wedge .



ولبرهان هذه القاعدة :

الموشور Prism

في هذه الحالة :

$$A_1 = A_m = A_2 \quad (\text{شكل 10-2})$$

$$V = \frac{L}{6} (A + 4A + A) = \frac{L \times 6A}{6} = A \times L$$

الاسفين Wedge

هنا A_m هي المعدل الجبري لـ A_1 و A_2 ، ولكن A_2 تساوي صفر . وهكذا A_m تساوي $(A/2)$.

$$V = \frac{L}{6} (A + 4 \times (A/2) + 0) = \frac{L \times 3A}{6} = A \times L/2$$

المهرم Pyramid

في هذه الحالة :

$$A_m = A/4 , A_2 = 0$$

$$V = \frac{L}{6} (A + 4 \times (A/4) + 0) = \frac{L \times 2A}{6} = (A \times L) / 3$$

وهكذا فان أى جسم صلب مركب من الاشكال الثلاثة اعلاه وله قيمة مشتركة لـ L يمكن حله باستخدام المعادلة (7-2) وكذا حجم يسمى " شبه موشو Prismoïdal " والمعادلة تدعى " معادلة شبه الموشو Prismoïdal formul " . ومن المهم استنتاجها بتعويض المساحات محلل الاحداثيات في قانون سيمسون .

يختلف الشكل شبه الموشوري عن الشكل الموشوري في كون أن النهايتين المتوازيتين ليستا من الضروري أن تكونا متساويتين في المساحة وأن الجوانب مكونة من خطوط مستقيمة ممتدة بين حوافتي المساحتين النهائيتين (شكل 2-13) .
تكون معادلة شبه الموشور صحيحة عندما يكون شبه الموشور حقيقي . مع ذلك يمكن استخدام المعادلة بأخذ ثلاثة مقاطع متتالية ، فإذا كان المقطع الوسطي يختلف عن شبه الموشور الحقيقي سينشأ خطأ ، ولهذا في الواقع يجب اختيار المقاطع بحيث يتم تجنب هذا الخطأ . ولكن على العموم يفضل المهندس أن يرى أن تجمد المقاطع من بعضها مسافات منتظمة ، بفرض أن الأخطاء تصحيح تعويضاً على امتداد مسار طويسل .

End Area Method

1-2 طريقة المساحات النهائية

=====

خذ الشكل 13-2 فالحجم V يساوي :

$$V = \frac{A_1 + A_2}{2} \cdot L \quad (8-2) \dots$$

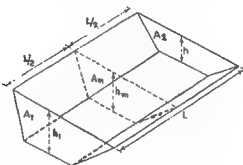
أي يساوي معدل المساحتين النهائيتين مضروباً بالمسافة بينهما .

وهذه القاعدة هي فقط صحيحة عندما تكون المساحة الوسطية للشكل شبه الموشوري مساوية لمعدل المساحتين النهائيتين ، وهي صحيحة في حالة الاسافير prisms والمواشير wedges و pyramids ، حيث أن حجم الهرم بموجبهما يساوي :

$$= ((A + 0) / 2) \times L = (A \times L) / 2$$

أي $(AL/3)$ بدلا من الحجم الصحيح $(AL/3)$.

ولو أن هذه الطريقة بصورة عامة تفالي بالتقدير لكنها تستخدم على نطاق واسع في التطبيقات العملية ، والأسباب الرئيسة في ذلك هي بساطتها وحقيقة أن الفرضيات اللازمة لإعطاء نتائج جيدة باستخدام طريقة شبه الموشور قلما تطبق عمليا . مع ذلك فإنها يجب أن تطبق يدقه بالنسبة لأشياء المواشير المولدة من مواشير واسافير فقط كما هي الحالة عندما يكون الارتفاع أو العرض لمقاطع متتالية تقريبا متساوية . ومن الجدير بالملاحظة بأنه في حالة المقاطع المتتالية التي يزيد الارتفاع فيها بنقصان العرض أو بالمعكس فإن طريقة المساحة النهائية تعطي قيمة صغيرة جدا .



شكل 13-2

ويمطي جميع سلسله من المساحات النهائية :

$$V = L \times \left(\frac{A_1 + A_n}{2} + A_2 + A_3 + \dots + A_{n-1} \right) \quad (9-2)$$

وهذه تسمى قاعدة متوازي الاضلاع للحجم

2-2-2 مقارنة بسين قانوني المساحة النهائية وعيه الموشور

Comparison of End Area & Prismoidal Formulae

لأجل مقارنة الطرق فسوف يحتسب حجم الشكل 14-2 كالآتي :

ابعاد الشكل 14-2 هي :

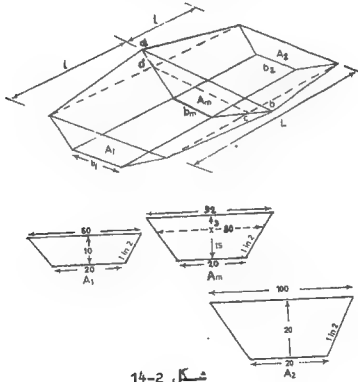
الارتفاعات الوسطية هي : $h_1 = 10 \text{ m.}$, $h_2 = 20 \text{ m.}$, $h_m = 18 \text{ m.}$

عرضي الطريق : $b_1 = b_2 = b_m = 20 \text{ m.}$

الميل الجانبية :

المسافة الأفقية بين المقاطع : $1 : 2$, $L = 60 \text{ m.}$, $1 = 30 \text{ m.}$

ملاحظه : في حالة شبه الموشور الحقيقي ، h_m تمثل معدل h_1 و h_2 وتساوي 15 م . والخط المنقط يمثل الموشور الحقيقي والمساحة الزائدة للمقطع الوسطي مبينة بخطوط منقطه .



شكل 14-2

فالحجم الحقيقي هو اذن شبه منشور حقيقي زائدا اسفنيين ، وكما مبين في ادناه :

$$A_1 = (60 + 20)/2 \times 10 = 400 \text{ m}^2 \quad (1)$$

$$A_2 = (100 + 20)/2 \times 20 = 1200 \text{ m}^2$$

$$A = (80 + 20)/2 \times 15 = 750 \text{ m}^2$$

$$V_1 = (60/6) \times (400 + 750 + 1200) = 46000 \text{ m}^3 \quad ; \quad V_1 \text{ حجم شبه المنشور}$$

$$W_1 = (L/6) \times ((a+b+c) \times h) = (30/6) \times ((92+80+60) \times 3) = 3480 \text{ m}^3 \quad ; \quad \text{حجم الاسفين الاول}$$

$$W_2 = (30/6) \times ((92+80+100) \times 3) = 4080 \text{ m}^3 \quad ; \quad \text{حجم الاسفين الثاني}$$

$$V = V_1 + W_1 + W_2 = 46000 + 3480 + 4080 = 53560 \text{ m}^3 \quad ; \quad \text{فالحجم الكلي الحقيقي}$$

(2) الحجم بطريقة قانون شبه المنشور (سيكون لـ A_m ارتفاع وسط مقداره 18 م) .

$$A_m = ((92 + 20)/2) \times 18 = 1008 \text{ m}^2$$

$$V = (60/6) \times (400 + 4032 + 1200) = 56320 \text{ m}^3 \quad ; \quad \text{فالحجم اذن}$$

$$= 56320 - 53560 = +2760 \text{ m}^3$$

والخطأ :

هذا الخطأ يساوي تقريبا مساحة المقطع الوسطي الزائده مضروبة $(L/6)$ اي $(\frac{abed}{6} \times L)$

وهي كذلك لكافة الحالات المماثلة . ولو كانت المساحة الوسطية اصغر لكان الخطأ سالبا .

(3) الحجم بطريقة المساحة النهائية :

$$V_1 = ((400+1008)/2) \times 30 = 21120 \text{ m}^3$$

$$V_2 = ((1008+1200)/2) \times 30 = 33120 \text{ m}^3$$

$$54240 \text{ m}^3$$

$$= 54240 - 53560 = +680 \text{ m}^3$$

الحجم الكلي :

والخطأ :

وهكذا في هذه الحالة تعطي طريقة المساحة النهائية نتيجة افضل من قانون شبه المنشور . مع هذا اذا اخذنا شبه المنشور الحقيقي فان الحجم بطريقة المساحة النهائية هو 46500 متر مكعب مقارنة بالحجم المستطب بطريقة قانون شبه المنشور الذي هو 46000 متر مكعب والذي في هذه الحالة يمثل الحجم الحقيقي .

اذن ، في الواقع ، يمكن معرفة ان اى من هاتين الطريقتين لا تكون مرضية ما لم تتوفر الشروط الهندسية المثالية . وهذا نادر جدا - وعليه فان كلا هاتين الطريقتين تتجان غلطا . للحصول على دقة اكبر ، يجب ان يتم اختيار المقاطع في الحقل مع اخذ القانون الذى سيجرى تطبيقه بنظر الاعتبار . فاذا كانت المقاطع متساوية بالحجم والشكل بشكل تقريبي والسطح المتضمن تقريبا مستوي فان طريقة المساحة النهائية تعطي نتيجة معقولة . اما عندما تكون المقاطع معطلة كسيرا بالحجم والشكل والمقطع الوسطي محدد بخطوط تصل بين المقاطع النهائية ، عندها تعطي طريقة شبه المنشور نتيجة افضل .

2-3-2 الخطوط الكنتورية Contours

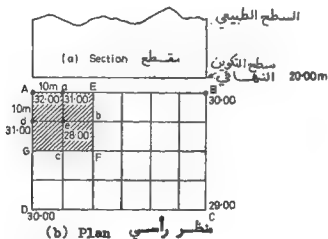
يمكن ايجاد الحجم من الخطوط الكنتورية باستخدام اى من طريقتي المساحة النهائية او شبه المنشور .

اما مساحات المقاطع فهي المساحات المحتواة داخل الخطوط الكثويه ، والسافه بين المقاطع هي الفترة الكثويه .

Spot Heights

2-2-ارتفاعات موقعية

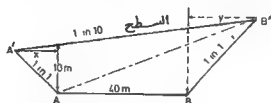
تستخدم هذه الطريقة عادة في احتساب احجام الحفریات للمراديب او الخراطات . اى لى حجم تكون فيه الجوانب والقاعه مستويه بينما يكون السطح surface طبيعي متعرج (شكل 2-15a) . وهنا يبين الشكل 2-15b حدود الحفریات بمناصيب السطح بالامتر في كل من A و B و C و D ، حيث جوانب الحفر صودية على مستوى التكوين formation level الذى مقداره 20.00 متر . فاذا كانت المساحة (ABCD) مستويه لاصبح حجم الحفر $V = (\text{معدل الارتفاع}) \times (\text{المساحة المستويه})$ (2-11) $V = (\text{معدل الارتفاع}) \times (\text{المساحة المستويه})$ مع ذلك ، وحيث يبين بالشكل بان السطح متعرج جدا ، لذا يجب ان يغطى بشبكة بحيث تكون المساحة داخل كل 10 م مربعه مستويه تقريبا .



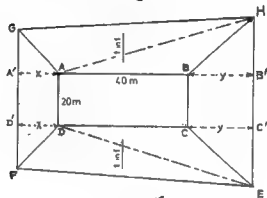
15-2

لذا فان طبيعة الارض هي التي تعدد حجم الوحدة ، فاذا كانت مساحة السطح (Aaed) مثلا غير مستويه يمكن ان تقسم الى مثلثين بواسطة القطر (Ae) اذا كان هذا حيودى الى سطوح مستويه .
خذ المربع (Aaed) نقط : (معدل الارتفاع) \times (المساحة المستويه) $V =$
 $= 100 \times (12 + 11 + 8 + 11)/4 = 1050 \text{ m}^3$
فاذا كانت الوحدات متساويه بالمساحة يمكن عندها ترتيب المعلومات بسهولة في جدول وتحتسب كما يلي :
خذ (AEFG) فقطه فبدلا من اخذ كل وحده مربعه على حده يمكن معامله المساحة بكاملها ككل .
اذن : $V = (100/4) \times (h_A + h_B + h_C + h_D + 2(h_E + h_F + h_G + h_H) + 4h_O)$
فلو اخذ كل مربع على حده لتبين بان ارتفاعات النقاط A و B و C و D تذكر مرة واحدة فقط بينما تستكرر ارتفاعات a و b و c و d مرتين وارتفاع e يتكرر اربع مرات . مع ذلك يقسم المجموع على اربعه للحصول على معدل الارتفاع .

المعادله اعلاه مفيدة جدا لاي شكل معقد يتألف من عدة مستويات بالكامل ، كما يبين المثال التالي (شكل 16-2 و 17-2) .



شكل 16-2



شكل 17-2

الارتفاع العمودي في A و D يساوي 10 م .
ولما كان (AB) يساوي 40 م ويميل السطح 1 الى 10 فالارتفاعات العمودية في B و C يجب ان تكون اكبر . 4 م (اي 14 م) .

افرض ان الشكل يقسم الى اسفينين بواسطة مستوى يعبر (AD) . بـ (HE) في المثلث (ABB') شكل 16-2 :
بطريقة معدل التقرب : rate of approach

$$y = (1 - \frac{1}{10})^{-1} \times 14 = 15.56 \text{ m.} = BH = CE$$

اذن :
•• HE = 20 + 15.56 + 15.56 = 51.12 m.

مساحة المثلث (ABB') العمودي على كل من (AD) و (BC) و (HE) تساوي :
= (40/2) × 15.56 = 311.20 m²

فالحجم V يساوي :
V = $\frac{311.20}{3} \times (AD + BC + HE)$

$$= 103.73 \times (20 + 20 + 51.12) = 9452 \text{ m}^3$$

ونفس الطريقة بالنسبة للمثلث (AA'B')
x = (1 + (1/10))^{-1} × 10 = 9.09 m. = AG = DF

•• GF = 20 + 9.09 + 9.09 = 38.18 m.

مساحة المثلث (AA'B') العمودي على كل من (AD) و (GF) و (HE) تساوي :

$$= ((x + AB + y)/2) \times 10$$

$$= (64.65/2) \times 10 = 323.25 \text{ m}^2$$

اذن فالحجم V يساوي :
V = (323.25/3) × (20 + 38.18 + 51.12) = 11777 m³

والحجم الكلي اذن يساوي :
9 452 + 11 777 = 21 229 m³

تحقيق :

$$(ABB') = (40/6)((20 + 20 + 51.12) \times 15.56) = 9452 \text{ m}^3$$

$$(AA'B') = (64.65/6)((20 + 38.18 + 51.12) \times 10) = 11777 \text{ m}^3$$

2-5 تأثير التقوس على الاحجام Effect of Curvature on Volumes

فقط عندما تكون المقاطع العرضية متوازية يكون قانوني شبه الموشور والقاعدة النهائية صحيحين .
اما اذا كانت الحفرية مقوسة (شكل 2-18) فالمقاطع تكون قطرية radial ويجب ان يجرى
تصحيحا للتقوس :

تتم نظرية باباس Pappus Theorem على ان الحجم الحقيقي يكون حيث تكون المسافة بين المقاطع
العرضية مقاسة على خط سمر مركز الثقل .

والآن لنأخذ الحجم بين اول مقطعين الذين مساحتهما A_1 و A_2 :

المسافة بين المقطعين مقاسة على خط الوسط تساوي (XY) وتساوي D .
الزاوية المقابلة δ في المركز (D/R) زاوية قطريه .

والآن الطول على خط سمر مركز الثقل يساوي (XY) ويساوي δ مضروبة بمعدل نصف القطر لخط
سمر مركز الثقل ، حيث ان معدل نصف القطر هذا يساوي :

$$= R - (d_1 + d_2)/2$$

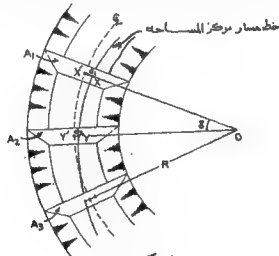
$$= R - d$$

اذن $XY = \delta (R - d) = D (R - d)/R$
والحجم V بطريقة المساحة النهائية يساوي :

$$V = \frac{1}{2} (A_1 + A_2) \times XY = \frac{1}{2} (A_1 + A_2) D (R - d)/R$$

$$= \frac{1}{2} (A_1 + A_2) D (1 - d/R)$$

بمعنى اخر انه تم تصحيح التقوس بضرب المساحة A_1 بالمقدار $(1 - d_1/R)$ وضرب المساحة
 A_2 بالمقدار $(1 - d_2/R)$. ثم تستخدم هاتين المساحتين المصححتين بالطريقة الاعتيادية . اما
في قانون المساحة النهائية او قانون شبه الموشور ، حيث تقاس D على سمر الخط الوسطي . فاذا
كان سمر مركز الثقل يقع وراء الخط الوسطي كما في المقطع A_3 ، فالتصحيح يكون $(1 + d_3/R)$



شكل 2-18

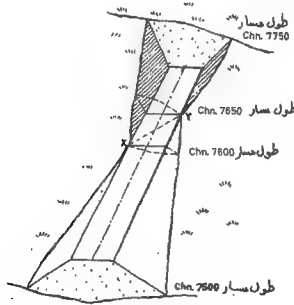
هذا التصحيح للانحناء ، مرة أخرى ، لا يطبق على الاعمال الترابية البتة في التطبيقات العملية ، وبالتأكيد يمكن الاتبات بان تأثيره يزول في مشاريع الاعمال الترابية الطويلة .

انظره محلوله

مثال ١٩: يبين الشكل 19-2 مقطعاً لإنشاء طريق وجعله مستويا Level road يعرض 20م. حيث يتضمن العمل تغيير من ردم الى قطع . من المعلومات المقدمة في مقتطف دفتر الحقل التالي ، اوجد احجام القطع cut والردم fill باستخدام طريقة المساحة النهائية ، وصحح بالنسبة للزيادة شبه الموشورية Prismatic excess

يحيى	وسط	يسار	طول المسار
8.8	20.0	10.0	7500
22.0	0	36.0	
14.0	6.0	0	7600
24.6	0	10	
0	4.0	16.0	7650
10	0	22.0	
8.6	22.0	13.5	7750
26.0	0	24.0	

الحل : (1) على الطلبة ان يتذكروا طريقة تسجيل القراءات ومقارنتها مع المقاطع المبينه في شكل 20-2 .
(2) كذلك يجب ملاحظة طريقة تجزئة المقاطع الى مثلثات .



شكل 19-2

مساحة المقطع العرضي عند طول مسار (75 + 00) .

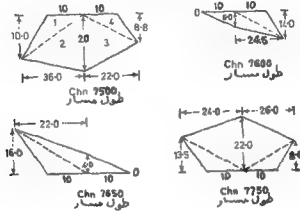
$$(\Delta I \text{ المساحة}) = (10 \times 10)/2 = 50 \text{ m}^2$$

$$(\Delta II \text{ المساحة}) = (36 \times 20)/2 = 360 \text{ m}^2$$

$$(\Delta III \text{ المساحة}) = (22 \times 20)/2 = 220 \text{ m}^2$$

$$(\Delta IV \text{ المساحة}) = (8.8 \times 10)/2 = 44 \text{ m}^2$$

المساحة الكلية
674 متر مربع



شكل 2-20

وبنفس الطريقة ، مساحة المقطع العرضي عند طول مسار (76 + 00) يساوي 173.8 مترمربع.

$$V = (674 + 173.8)/2 \times 100 = 42390 \text{ m}^3$$

$$\text{الزيادة شبه الموشورية} = (100/12) \times (20 - 6) \times (58 - 34.6) = 2730 \text{ m}^3$$

$$\text{فالحجم الصحيح يساوي } 39660 \text{ متر مكعب.}$$

وهو الحجم بين المقطعين (76 + 00) و (76 + 50) .

يسمى الخط XY في الشكل 2-19 بوضوح بأن حجم الردم في هذا المقطع يؤلف هربا فيه المقطع (76 + 00) قاعدته للهرم وارتفاعه 50 م . لذا فإن استخدام قانون الهرم يكون أكثر دقة وسرعة .

$$V = AI/3 = (173.8 \times 50)/3 = 2897 \text{ m}^3$$

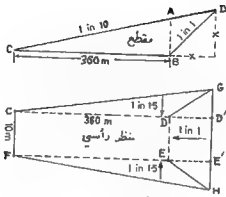
$$= 39660 + 2897 = 42557 \text{ m}^3$$

والآن يجب على الطالب احتساب حجم القطع cut بنفسه . (الجواب : 39925 متر مكعب)

مثال 2 لنفخذ مودى إلى نقي عرض تكمن مستوي level formation مقداره 10 م ، وير بجانب

تل مستوى فيه الميل الطبيعي للأرض 1 إلى 10 . طما بأن خط تقاطع مستوى الطريق هذا مع الأرض الطبيعية مودى على الخط الوسطى للنقي . المطلوب امرار مستوى التكوين مسافة 360 م داخل جانب التل منتهيا بقاعدة لحفرات فيها الميل يساوى 1 شاقولي الى 1 أفقي . المطلوب جعل ميل الجوانب 1 شاقولي الى 1 أفقي . اوجد كمية الحفرات بالامطار المكعبة . وسوف تحسم درجات من عدم تطابق الحسابات للأشكال المرسومة بوضوح . (جامعة لندن) .

الحل ، ان الشكل 2-21 يوضح السوال المحلول بالطرق المدافع عنها سابقا .



شكل 2-21

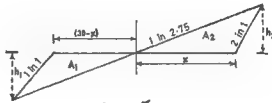
الارتفاع (AB) يساوي 36 م حيث ميل الأرض 1 إلى 10
 بطريقة معدل الوصول : rate of approach
 $x = (1-1/10)^{-1} \times AB = (10 \times 36) / 9$
 $x = 40 \text{ m.} = DD'$
 وحيث ان الانحدارات الجانبية هي 1 إلى 1.5 وان الارتفاع D' يساوي 40 م.
 $\therefore DG = 40 \times 1.5 = 60 \text{ m.} = EH$
 $\therefore GH = 130 \text{ m.}$
 إذن :
 مساحة المثلث (BCD') في المقطع اعلاه العمودية على كل من (DE) و (GH) و (CF) تساوي :
 $= (360/2) \times 40 = 7200 \text{ m}^2$
 فالحجم V يساوي :
 $V = (7200/3) \times (130 + 10 + 10) = 360 000 \text{ m}^3$
 تحقق :
 $(BCD') \text{ (الاسفين)} = (360/6) \times ((130+10+10) \times 40) = 360 000 \text{ m}^3$

مثال 3 ، ركيزة صلبه يجب ان يكون فيها الجزء العلوي مستوى ويعرض 20 م ، كما انه يجب ان يكون للجوانب ميلا مقداره 2 شاقولي الى 1 افقي وان تكون النهاية القشرية من البحر شاقولية وعمودية على محور الركيزة . فقد تقرر ان تتشأ على ارض صخرية ذات ميل مقداره 1 الى 24 وان اتجاه الاطلي ميل هذا max. slope يصنع زاوية مع اتجاه الركيزة ظلها يساوي 0.75 . فاذا كان اتصى ارتفاع للركيزة يساوي 20م فوق الصخر متناصبا الى الصخر في الجهة القريبة من البحر . اوجد حجم المواد المطلوبة . (جامعة لندن)

اذن فالحجم الكلي يساوي : $V = 117\ 315 + 20\ 200 + 18\ 252 = 155\ 767 \text{ م}^3$.

وبطريقة اخرى ، تحتسب مساحة المقطع عند طول المسارات صفر (0/585) و 585 ثم تطبق قاعدة شبه الموشور رائدا معاملة الحجم من طول مسار 585 الى 600 كسهم ، يعطي الجواب 155 525 متر مكعب .

مثال 4 ، اعمال ترابيه طولها 100 م لانشاء طريق ، لها مقطع ثابت في القطع out والردم $\frac{1}{2}$ والذي فيه مساحة القطع تساوي مساحة الردم . كما وان عرض مستوى التكوين النهائي للطريق يساوي 30 م والميل العرضي للارض يساوي 20° ، ثم ان الانحدارات الجانبيه هي 1:2 افقي الى 1 شاقولي في القطع و 1 افقي الى 1 شاقولي في الردم . اوجد حجم الحفر في المائة متر طول (جامعة لندن)



شكل 2-23

الحل : لو ان الطالب يدور الشكل 2-23 بزاوية 90° فان الميل 1 الى 2.75 يصبح 2.75 الى 1 ، والميل 2 الى 1 يصبح 1 الى 2 . اذن فبطريقة معدل الوصول :

$$h_1 = (2.75 - 1)^{-1} (30 - x) = (30 - x)/1.75$$

$$h_2 = (2.75 - \frac{1}{2})^{-1} \cdot x = x/2.25$$

$$= (30 - x)/2 \times h_1 = (30 - x)^2/3.5 \quad ; \text{ والان مساحة المثلث } A_1 \text{ تساوي } ;$$

$$= x/2 \times h_2 = x^2/4.5 \quad ; \text{ ومساحة المثلث } A_2 \text{ تساوي } ;$$

$$\therefore (30 - x)^2/3.5 = x^2/4.5 \quad ; \text{ ولكن المساحة } A_1 \text{ تساوي المساحة } A_2$$

$$(30 - x)^2 = (3.5/4.5) x^2 = (7/9)x^2$$

التي منها ينتج ان x تساوي 16 متر .

$$\therefore (\text{المساحة } A_1) = (16^2/4.5) = 56.50 \text{ م}^2 = (\text{المساحة } A_2)$$

$$= 56.5 \times 100 = 5650 \text{ م}^3 \quad ; \text{ اذن فالحجم في المائة متر طول يساوي } ;$$

مثال 5 ، طول معين من طريق فيه عرض التكوين يساوي 20 م ويقع في قطع out الميل الجانبية فيه تساوي 1 شاقولي الى 2 افقي . الخط الوسطي للطريق هوجز من منحنى دائري نصف قطره 750 م ، وان سطح الارض وسط التكوين افقيان لا يقطع على طول هذا الجز من الطريق ، وفق مستوى

الطريق من مستوى الارض عند خط الوسط للطريق عند طول خط مسار 5400 م يساوي 10 م وعند

طول خط مسار 5500 م يساوي 18 م . وقد تقرر زيادة عرض الطريق بمقدار 20 م لتصريف مر

السيارات لانشاء موقف سيارات ، بحيث ان مقدار التصريف يجب ان يكون يكافئ في جهة الطريق

البعيدة من مركز انحناء الطريق ، والميل الجانبي الجديد سيكون 1 شاقولي الى 2 افقي .

باستخدام قانون شبه الموشور ، اوجد حجم الحفر في بين خطي المسارين 5400 م و 5500 م

طما بان وفق مستوى الطريق من مستوى الارض يتغير بانتظام مع المسافة على طول الطريق .

(جمعية المهندسين المدنيين البريطانيين)



المسافة الأفقية لمركز الثقل من خط الوسط تساوي $(h + 20)$

$h_2 = 18 \text{ m.}$ ، ، ، $20 + h = 38 \text{ m.} = d_3$ ، عند المسار 5500 م

مساحة الحفر الإضافي عند السار 5500 م² = 18 × 20 = 360 م² = A₂

$$A_{\text{eff}} = A \left(1 + \frac{d}{R} \right)$$

عند المسار 5500 م المساحة المصححة للانحناء: $= 360 (1 + 38/750) = 378 \text{ m}^2$

$$V = \frac{100}{6} (208 + 4 \times 292.6 + 378) = 29\,273 \text{ م}^3 \quad \text{اذن الحجم } V \text{ يساوي:}$$

تمارين

المقيمين عند طولي المصارف 400 م و 600 م .

(الجواب : 587 169 متر مكعب)

(2) في النية انشاء طريق على سفح تل ميله 1 الى 50 العمودي على خط الوسط للطريق ، كما وان الهيل الجانبية يجب ان تكون 1 الى 2 في القطع و 1 الى 3 في الردم ، كما وان سطح التكوين النهائي مستوى وبعرض 20 م . اوجد موقع خط الوسط للطريق نسبة الى نقطة تقاطع سطح الطريق مع الارض الطبيعية (ا) لجعل مساحة القطع تساوي مساحة الردم .
(ب) لجعل مساحة القطع تساوي 0.8 من مساحة الردم ، واخذ بنظر الاعتبار خاصية ازدياد حجم الحفريات بعقد الحفر . (جامعة لندن)
(الجواب : (ا) 0.3 م في القطع ، (ب) 0.2 م في الردم)

(3) في النية انشاء خزان ماء في وادي نهر وذلك باقامة سد على عرض . وقد كان قد تم المسح الطبوغرافي لكامل المساحة التي ستغطى بالخزان ورسمت خطوطها الكنتورية على فترات مقدارها 1.5 م ، كما ان منحوب اوطاً نقطه في الخزان يساوي 249 م فوق خط الاسناد ، بينما لا يزيد اقل مستوى للماء على 264.5 م . اما المساحة المحصورة بين كل خط كنتوري ووجه السد من جهة الخزان فهي مبيته في الجدول ادناه :

المساحة المحصورة (متر مربع) الخط الكنتوري (متر)

250.0	1 874
251.5	6 355
253.0	11 070
254.5	14 152
256.0	19 310
257.5	22 605
259.0	24 781
260.5	26 349
262.0	29 830
263.5	33 728
265.0	37 800

باستخدام قانون شبه المنحرف ، اوجد سعة الخزان عندما يكون مملواً . ماذا سيكون منسوب الماء في الخزان (في وقت الجفاف) لو نقص هذا الحجم بمقدار 25 بالمائه ؟ (جمعية المهندسين
(الجواب: 211 294 متر مكعب 262.3 متر مكعب) المدنيين البريطانيين)

(4) الارتفاعات الوسطية للارض فوق مستوى سطح التكوين النهائي في ثلاث مقاطع المصافة بينها 100 م هي 10 م و 12 م و 15 م والانحدار العرضي cross fall عند هذه المقاطع على التوالي هو 1 الى 30 و 1 الى 40 و 1 الى 20 . فاذا كان عرض سطح التكوين النهائي 40 م والهيل الجانبية 1 شاقولي الى 2 انقي . اوجد حجم الحفريات في طول المائتي متر :
(ا) اذا كان خط الوسط مستقيماً .
(ب) اذا كان خط الوسط منحنيماً نصف قطره 400 م . (جامعة لندن)
(الجواب : (ا) 158 367 متر مكعب (ب) $1070 \pm 158 367$)

MASS HALL DIAGRAM

3-2 مخططات نقل التربة (M.H.D.)

=====

تستخدم مخططات نقل التربة لمقارنة اقتصادية الطرق المختلفة في توزيع الاصل الترابية في مشاريع انشاء الطرق والفرط الحديدية . بواسطة الاستخدام المزيج لمخططات نقل التربة ، برسمها تحت المقطع الطولي لخط وسط اسفل المنح بالامكان ايجاد :

- (1) المسافات التي يتم تساوي القطع والردم على طولها .
- (2) الكميات الواجب نقلها واتجاه النقل .
- (3) المساحات التي تؤخذ منها التربة أو تترسب فيها كقائض ، والكميات الداخلة في هذه العمليات .
- (4) اتباع أحسن الأساليب للاستفادة القصوى في المشروع اقتصاديا .

2-3-1 تعاريف Definitions

- (1) النقل Haul ، يعني حجم المواد مضروبا بالمسافة المنقولة ، وقد اتخذت " الباردة محطة " كوحدة قياس له .
- (2) الباردة محطة Station Yard ، هي ياردة مكعب واحد من المادة تحرك مسافة 100 قدم (في وقت كتابة هذا الكتاب لا يوجد وحدة مماثلة بالقياس المترى ، ولو يمكن أن يتقرر استخدام وحدة المتر مكعب لتحرك مسافة 100 م . وهكذا ، 20 متر مكعب تحرك مسافة 1500 م هو نقل Haul مقداره 300 ($20 \times 1500 / 100 = 300 \text{ st.m}$) متر محطة (0) لاحظ جيداً ، من الآن فصاعداً سوف يستخدم التعبير " متر محطة " Station Metre * ويعرف كما في أمثاله .
- (3) النقل المجاني Free Haul و النقل الإضافي Overhaul ، يمكن التعبير عنهما بأحس شكل بواسطة مثال . فمثلاً ، مقابل يمكن أن يقدم عرضاً بنقل مواد لمسافة 150 م بسعر 50 بنس للمتر المكعب الواحد ، وبعد هذه المسافة يمكن أن يتطلب 5 بنسبات لكل متر محطة إضافي ، أي 5 بنسبات لكل متر مكعب ينقل 100 م من المسافة . تسمى مسافة الـ 150 م " مسافة النقل المجاني Free Haul Distance " وتعتمد على مسافة النقل الأكثر اقتصادية لمشروع نقل تربة ما . وهذه المسافة المجانية يمكن أن تمتد من 100 م لماكينة البلدوزر (الدافعة) إلى 3000 م للمكشربات (قاشطات) ذاتية المحرك Self Propelled Scrapers . وتسمى عملية النقل لما بعد مسافة النقل المجاني بالنقل الإضافي Overhaul .
- (4) النفاض Waste ، هي المواد الناتجة من القطع والتي لا تستخدم في الاملاكيات الترابية .
- (5) الدين Borrow ، هي المواد اللازمة للاملاكيات الترابية التي يؤتى بها ليس من حفريات الطريق وإنما من موقع آخر ، وعليه يقال بأن المواد قد جيء بها من " حفرة دين Borrow Pit " .
- (6) حدود النقل الاقتصادي Limit of Economical Haul هي الكمية مسافة نقل إضافية Overhaul زائدة مسافة النقل المجاني Free Haul . وعند وصول هذا الحد يصبح رمي المواد المحفورة جانباً أكثر اقتصادياً ، ويستبدان لفرض الاملاكيات ، فعلى سبيل المثال افترض أن : مسافة النقل المجاني 500 م . والنقل الإضافي 10 بنسبات لكل متر محطة (أي 10 بنسبات لنقل متر مكعب واحد مسافة 100 م) وسعر الدين 30 بنس لكل متر مكعب .

1 وحدة صغيرة في العملة الأسترالية تساوي 1 من مائة من الباون الأسترالي .

من هذه الارقام يمكن الاستدلال بان نقل متر مكعب واحد لمسافة 300 م سيكلف 30 بنس و مساويا لكلفة الدين و هذه هي الكبر مسافة للنقل . مع ذلك و قبل البدء بالنقل الاضافي ، يمكن نقل التربة ضمن مسافة النقل المجاني البالغه 500 م .
وهكذا نحدد النقل الاقتصادي يساوي :
$$= 300 + 500 = 800 \text{ m.}$$

2-3 الانتسفاخ Bulking والانكماش Shrinkage

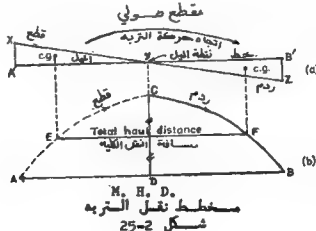
عملية الحفر تجعل المواد ترسخي ولهذا فحجمها الحفري هو اكبر من حجمها قبل الحفر . مع ذلك فعندما تروم وترس يمكن ان تاخذ حجما اقل مما كان عليه قبل الحفر . فمثلا و تكون التربة الاحياءية (10%) اقل بعد الردم بينما الحجر يزيد بمقدار (20%) الى (30%) . ولتصحيح هذه الظاهره هناك مامل للتصحيح يطبق سادة على الحجم المقطوعه (أو الحفريه) او الردويه .

2-3-3 إنشاء مخطط نقل التربة Construction of M.H.D.

مخطط نقل التربة هو عبارة عن خط متعني مستمر ، احداثياته الشاتليه مرسية على نفس خطها المسافه كالمقطع الطولي ، وهذه الاحداثيات تمثل المجموع الجبري للاحجام المصححه (بالقطع و - للردم) .

2-3-4 خواص مخطط نقل التربة Properties of the M.H.D.

لاحظ الشكل 254-2 الذي فيه المطلوب تصفية الارض (XYZ) بموجب خط الانشاء (AB) . وافترض ان احجام الردم ، بعد التصحيح ، تساوي احجام القطع ، فان مخطط نقل التربة سوف يرسم كما مبين في الشكل 25b-2 وهكذا ؛
(1) لما كان الخط المتعني للمخطط يمثل المجموع الجبري للمجموع ، فان اي خط افقي يرسم موازيا الى القاعده (AB) سوف يعين الاحجام المتكافئه ، وكذا خط يسمى خط التساوي او "خط التكافؤ" Balance Line . وحتى يمكن ان يمثل الخط (AB) نفسه والذي يعني ان مجموع القطع يساوي مجموع الردم .



(2) المنحني الصاعد والمثل بخط منقط يشير الى القطع الموجب + ، والمنحني النازل يشير الى الردم السالب - .

(3) اطلق واعترض نقطه للمخطط تقع مباشرة تحت نقطة تقاطع الارض الطبيعيه مع ميل التـسـكـيـن formation grade ، وكذا تقاطع يسمى نقاط الميل grade points .

(4) عندما يرزغ منحني نقل التربه فوق خط التـكـافـؤ (AB) يكون النقل من اليمين الى اليمين ، اما اذا وقع المنحني تحت خط التـكـافـؤ فالنقل يصبح من اليمين الى اليسار .

(5) الحجم الكلي للقطع يمثل بأكبر المركبات (CD) .

(6) عند نقل التربه من قطع الى ردم ، الفرضان اول تعديل سيكون من القطع في X الى الردم في Y ، واخر تعديل من القطع في Y الى الردم في Z ، وهكذا ستظهر مسافة النقل كأنها من نقطة متوسطه المسافه بين X و Y الى نقطه متوسطه المسافه بين Y و Z . ولما كان المقطع يمثل حجما وليس مساحة فان مسافة النقل هي من مركز ثقل حجم القطع الى مركز ثقل حجم الردم . وبالمكان ايجاد المواقع الاتقيه لهذه مراكز الثقل بتصنيف مركبة الحجم الكلي بواسطة الخط الاتقي (EF) .

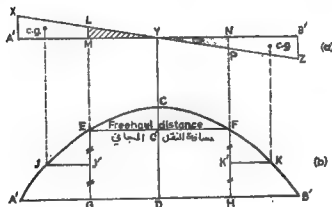
والان حيث ان النقل Haul يساوي (الحجم × المسافه) فالنقل الكلي في المقطع يساوي :

$$= \text{مسافة النقل الكلي} \times (\text{الحجم الكلي})$$

$$= (CD) \times (EF) / 100 \text{ stn.m. (اي متر محطة)}$$

Balancing Procedures 5-3-2 خطوات الموازنه

لاجل تخسيس استخدام مسافة النقل المجاني ، لاحظ الشكل 26-2 .



شكل 26-2

(1) افرض ان مسافة النقل المجاني تساوي 100 م، حرك هذه المسافه المقامه الى اعلى وإلى اسفل

المخطط مع الحفاظ على توازنه للقاعده (AB) حتى يقطع المنحني في E و F .

(2) يشير (EF) على المقطع الطولي الى ان حجم القطع (LMY) يساوي حجم الردم (XNP) . الحجم :

(CG) وهذا يديها يقع ضمن مسافة النقل المجاني .

(3) حجم القطع المتبقي (XIMA) مثل بالمركبه (EG) وهذا يساوي حجم النقل الاضافي .

(4) حجم النقل الاضافي (XIMA) يجب ان يسردم (NPZB) حيث ان معدل المسافه هي

من مركز ثقل الى مركز ثقل ، وتحدد مواقع مراكز الثقل بتصنيف (EG) و (FH) وهذا يعطي المسافه

الاتقيه بين مركزي الثقلين (JK) .

(5) لو فرضنا ان (JK) يساوى 250 م ، فان حجم النقل الاضافي يجب ان ينتقل بهذه المسافة ، ولوان المافة متر الاولى من النقل لا تزال ضمن مقابلة النقل المجاني . وهكذا مسافة النقل الاضافي هي :

$$= 250 - 100 = 150 \text{ m.}$$

$$= GC' + EG = CD$$

(6) بدعيها يتبين من (5) بان الحجم الكلي :

يقع ضمن مقابلة النقل المجاني .

(7) وهكذا فان النقل الاضافي يساوى حجم النقل الاضافي ضروريا بمسافة النقل الاضافي ، اى :

$$= EG (JK = EF)$$

امثله محلولة

مثال 1 : تعود المعلومات التالية الى مقطع من خط سكة حديدية مطلوب انشاؤه بطول 1200 م ويجب ان يتم تخطيط الاصال الترابية في هذا المقطع بدون الالتفات الى المقاطع المجاورة . حيث يبين الجدول المحطات ونسب السطح على طول الخط الوسطي ، كما ان مستوى التكوين النهائي formation level يقع على ارتفاع 43.50م فوق خط الاسناد datum وعند طول مسار 70 م ، ثم يرتفع بميل منتظم مقداره (1.2%) ، علما بان الاحجام معطاة بالامطار المكعب كما وان القطع موجب + والردم سالب - .

الحل : (1) ارسم المقطع الطولي باستخدام مقياس افقي مقداره 1 الى 1200 ومقياس شاقولي مقداره 1 الى 240 .

(2) بغور معامل تصحيح مقدار 0.8 للردم ، ارسم مخطط نقل التربة (MHD) بمقياس شاقولي بحيث ان 20 ملم تمثل 1000 متر مكعب .

(3) احسب النقل الاضافي Overhaul بوحدة " متر محطة " وبين "حدود النقل haul limits" على الفنيحي والمقطع .

(3) بين الذى تفضله من التعميمات التالية :

(a) ليس هناك نقلا مجانيا بسم 35 بنس للمتر المكعب من الحفر والنقل والردم .

(b) هناك مسافة نقل مجاني مقدارها 300 م بسم 30 للمتر المكعب زائدا بنس لكل متر محطة من النقل الاضافي .

الحجم	نسب السطح	المسار	الحجم	نسب السطح	المسار	الحجم	نسب السطح	المسار
70	52.8		74	44.7		78	49.5	
	+1860			-1080			-237	
71	57.3		75	39.7		79	54.3	
	+1525			-2025			+362	
72	53.4		76	37.5		80	60.9	
	+547			-2110			+724	
73	47.1		77	41.5		81	62.1	
	-238			-1120			+430	
74	44.7		78	49.5		82	78.5	

(جامعة لندن)

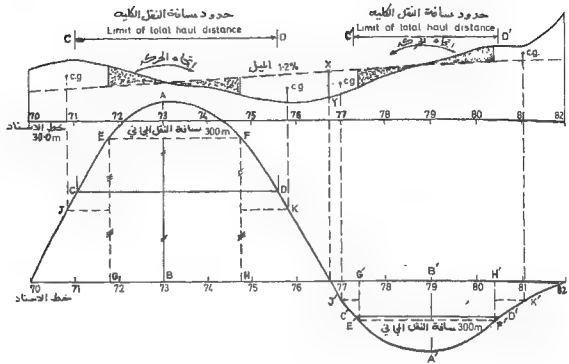
الحل : للاجابة على الجزء الاول والثاني ، انظر الشكل 2-27
والقيم هي في الجدول ادناه ،

المسار	الحجم	مركبة التربة (المجموع الجبري)
70	0	0
71	+ 1860	+ 1860
72	+ 1525	+ 3385
73	+ 547	+ 3932
74	- 238 × 0.8 = - 190.4	+ 3741.6
75	- 1080 × 0.8 = - 864	+ 2877.6
76	- 2025 × 0.8 = - 1620	+ 1257.6
77	- 2110 × 0.8 = - 1688	- 430.4
78	- 1120 × 0.8 = - 896	- 1326.4
79	- 237 × 0.8 = - 189.6	- 1516
80	+ 362	- 1154
81	+ 724	- 430
82	+ 430	0

- لاحظ جيدا : (1) الحجم عند المسار 70 م يساوى صفر .
(2) ترسم مركبات مخطط نقل التربة دائما على المحطات وليس بينها .
(3) ترسم الآن مركبات التربة الشاقولية للمخطط بنفس المقياس الافقي كما في حالة المقطع الطولي ومباشرة تحته .
(5) تأكد من ان اعلى واخفض نقطة في منحنى مخطط النقل تقع مباشرة تحت نقاط الميل على المقطع .
(6) يشير استخدام خط الاسناد datum line كخط وزن الى تساوى الاحجام بين المسار 70 م الى (XY) وبين (XY) الى المسار 82 م
النقل الكلي total haul (باخذ كل حلقة على حده) يساوى (الحجم الكلي) × (مسافة النقل الكليه)
ومسافة النقل الكليه هي المضافه بين مركز نقل القطع الكلي ومركز نقل الردم الكلي ، ويمكن ايجادها بتصيغ (AB) و (A'B') لاعطاء المسافتين (CD) و (C'D') .
فالنقل الكلي اذن يساوى :

$$= \frac{AB \times CD}{100} + \frac{A'B' \times C'D'}{100}$$

$$= \frac{3932 \times 450}{100} + \frac{1516 \times 320}{100} = 22\ 545\ \text{Stn.m.}$$



شكل 2-27

(أ) لو لم يكن هناك تقلا مجانيا لانتقل الحجم بأكمله بغض النظر عن المسافة ويسمى 35 بنس للمتر المكعب الواحد فالكلفة التقريبية بالبنسات تساوى :

$$= (AB + AB') \times 35 = 5448 \times 35 = 190\ 680 \text{ (بنس)}$$

(ب) الغاية من تمعين سافة النقل المجاني على الضحني هي لتقدير النقل الاضافي .
من مخطط نقل التربه ه كلفة النقل المجاني تساوى :

$$= (AB + AB') \times 30 \text{ (انظر فقره 2-3-5 رقم 6) } \dots$$

$$= 163\ 440 \text{ P. (بنس)}$$

$$= \frac{EG(JK - EF)}{100} + \frac{EG(JK' - EF')}{100} \times 2 \text{ وكلفة النقل الاضافي تساوى :}$$

$$= 13\ 628 \text{ P. (بنس)}$$

$$= 163\ 440 + 13\ 628 = 177\ 068 \text{ P. (بنس)}$$

فالكلفة الكلية اذن تساوى :

اذن فالتعمين الثاني هو ارخص من التعمين الاول بمقدار 13 612 بنس وهذا يساوى 136.12 باون استرليني .

لاحظ : كافة الابعاد في الحل هي مقاسة من مخطط نقل التربه .

مثال 2 ، الاحجام بين المقاطع خلال مسافة 1200 م طول لانشاء طريق هي كما مبينه في ادناه حيث تعني الاحجام الموجبه حفريات والعاليد ردميات .

م طول المسار	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200
الحجم بين المقاطع ($m^3 \times 10^3$)	+	+	+	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+
	2.1	2.8	1.6	0.9	2.0	4.6	4.7	2.4	1.1	3.9	3.5	2.8	

ارسم مخططا لنقل التربه (MED) لهذا الطول من الطريق بقياس مناسب وعين مواقع ملائمه لخطوط الموازيه بحيث ان : (a) هناك فائض عند طول مسار 1200 م ولا يوجد فائض عند طول المسار صفر .
(b) هناك فائض عند المسار صفر ولا يوجد فائض عند المسار 1200 م .
(c) هناك فائض متساو عند المسارين صفر و 1200 م .

بعدها اوجد كلفة نقل التربه لكل من الحالات المذكورة اعلاه استنادا الى الاسعار التاليه وحدود نقل مجاني مقدار 400 م .

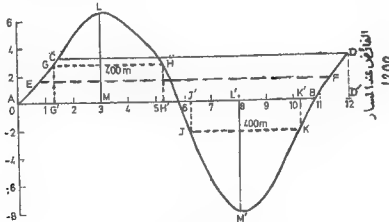
حفر ونقل و ردم (نقل مجاني) : 60 بنس للمتر المكعب الواحد .

== (نقل اضافي) : 85 بنس للمتر المكعب الواحد .

نقل الفائض من طول مسار صفر الى النهايه : 125 بنس للمتر المكعب الواحد .

== 1200 م الى النهايه : 150 بنس للمتر المكعب الواحد .

(جميعه المهندسين المتدربين البريطانيه)



شكل 2-28

الحل ، لاجل رسم مخطط نقل التربه ، انظر الشكل 28-2 اعلاه .

مركبات كيات التربه : 0 و (2.1) و (4.9) و (6.5) و (5.6) و (3.6) و (1.0) و (5.7) و (8.1) و (7.0) و (3.1) و (0.4) و (3.2) .

المستحصله من الجمع الجبري للحجوم .

(a) خط الموازي (AB) يعطي فائضا عند طول المسار 1200 م ولا يعطي فائضا عند المسار صفر .

(b) خط الموازي (CD) يعطي فائضا عند المسار صفر ولا يعطي فائضا عند المسار 1200 م .

(c) جعل خط الموازي (EF) في وسط المسافه بين (AB) و (CD) ليعطي فائضا متساويا عند كل من المسارين صفر و 1200 م .

ثبتت الاسعار بشكل غير اعتيادي في الجزء الثاني من السؤال . فالحفر والنقل والردم ضمن مسافة 400 م هي بسعر 60 بنس للمتر المكعب الواحد ، الاستمرار بعد هذه المسافة يكلف سمرا اجماليا قدره 85 بنس للمتر المكعب الواحد ، وبذلك يكون سعر النقل الاضافي 25 بنس للمتر المكعب الواحد . فالسؤال الان يجرى حله بالطريقة الاعتيادية ، ولكن ليس من الضروري ايجاد مسافة النقل الاضافي .

(a) باستخدام (AB) كقاعدة ، (GH) و (JK) يوشران النقل المجاني .

$$= (LM + LM') \times 60$$

$$= (6500 + 8100) \times 60 = 876\ 000$$

كلفة النقل الاضافي :

$$= (GG' + JJ') \times 25$$

$$= (2800 + 2200) \times 25 = 125\ 000$$

كلفة نقل الفائض :

$$= DD' \times 150$$

$$= 3200 \times 150 = \frac{480\ 000}{1\ 481\ 000}$$

الكلفة الكلية :

$$= 1\ 481\ 000 \text{ بنس وتساوي } 14\ 810 \text{ باون .}$$

هذه الطريقة هي مشابهة للحالتين (b) و (c) اللتين تعتمدان خطي موازن balancing line مختلفين (CD) و (EF) على التوالي ، ويجب على الطالب محاولة ذلك بنفسه .

(الجواب : (b) 130 14 باون (c) 380 14 باون)

ملاحظه : لما كانت خطوط النقل المجاني باقية ثابتة ، لا يوجد نقل اضافي على الخط (CD) في المنحنى الاول من مخطط النقل (MHD) .

سؤال 3 ، الاحجام بالامطار التكمية للحفريات (+) و للردميات (-) بين مقاطع متتالية المسافة بينهما 100 م على طول خط حديدي مطلوب انشاؤه بطول 1300 م ، وهي كما مبينه ادناه :

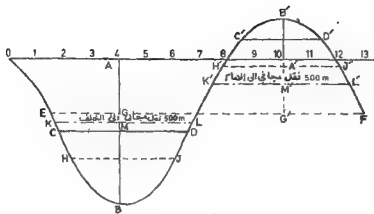
المقطع	0	1	2	3	4	5	6	7
الحجم	-1000	-2300	-1600	-500	+300	+1300	+2100	
المقطع	7	8	9	10	11	12	13	
الحجم	+1800	+1100	+300	-400	-1200	-1900		

ارسم مخططا لنقل التربة (MHD) لهذا الطول ، اذا كان بالامكان استدامة التربة من احدى النهايتين ، اى طريقه تودي الى اقل نقل haul . بين على المخطط النقل المجاني الى الامام وإلى الخلف اذا كانت حدود النقل المجاني 500 م . واذكر هذه الحجم . (جامعة لندن)

الجبيل ، بجمع الحجم جبريا تتمم المركبات الشاقولية الثالثه للمخطط :

المقطع	0	1	2	3	4	5	6	7
الحجم (ترميك)	0	-1000	-3200	-4800	-5300	-5100	-3800	-1700
المقطع	8	9	10	11	12	13		
الحجم (ترميك)	+100	+1200	+1500	+1100	-100	-2000		

وهذه المركبات يتم تعيينها لاجل رسم مخطط النقل (MHD) في الشكل 29-2 .



بجعل خط الموازنة يمر بالنهاية صفر يجرى الصحاح بالدين عند النهاية

$$= \frac{(AB \times CD)}{(5300 \times 475)} + \frac{(AB' \times CD')}{(1900 \times 282)} \text{ stn.m. (متر محطة) (م) النقل الكلي}$$

$$= \frac{1300}{100} + \frac{100}{100} = 29 \text{ 405 stn.m. (متر محطة)}$$

لاحظ بأن (CD) ينصف (AB) و (CD') ينصف (AB')

عليه اذن ، النقل المجاني الى الخلف هو (MB) ويساوي 2980 متر مكعب .
النقل المجاني الى الامام هو (MB) ويساوي 2400 متر مكعب .

حصارین

المقطع	0	1	2	3	4	5	6	7
الصغير		+1700	-100	-3200	-3400	-1400	+100	+2600
المقطع	7	8	9					
الصغير		+4600	+1100					

(2) الحجم لكميات قطع ورسم على طول طريق مزيج انشاؤه هي كما يلي :

المسار (m)	0	100	200	300	400	480
الحجم (m³)		+290	+760	+1680	+620	+120
المسار (m)	500	600	700	800	900	1000
الحجم (m³)		-110	-350	-600	-780	-690
المسار (m)	1100	1200				
الحجم (m³)		-120				

ارسم مخطط نقل التربة (MHD) . و باهمال المواد المحفورة الفائضة على طول هذا الخط ،
اوجد مقدار النقل الاضافي اذا كانت مسافة النقل المجاني تساوى 300 م .
(الجواب : 350 متر محطة) (جمعية المهندسين المدنيين البريطانيين)

المزواة (THEODOLITE) وتطبيقاتها

تستخدم المزواة لقياس الزوايا الشاقولية والافقية ، وهناك اساسا ثلاثة انواع : ذات الوريثيسه وذات المايكروسيتي والنوع ذات القوس الزجاجي glass-arc type ، حيث ان هذه الاسماء مستخرجه من اسلوب تركيب الاجهزه . فيمكن اعتبار ان استخدام التوجيه الايمن قد يطله ولوان الشكل المبسط لنوع الوريثيسه هو مفيد في توضيح المزاي الاساسيه (شكل 3-1) . على الطلبة الرجوع الى كتب منهجيه نموذجيه في شرح الآلات ذات القوس الزجاجي .

عند الرجوع للشكل 3-1 يمكن مشاهدة المزاي الاساسيه كما يمكن الالتفات الى ما يلي :

(a) الدائره العموديه (الشاقوليه) هي مثبتة باحكام الى المنظار (التلسكوب) وتدور معه .

(b) وريثية الدائره العموديه تبقى ثابتة بالنسبة الى الدائره المنوديه وهي المرجع الذي منه تقاس الزوايا العموديه .

(c) في الآلات الحديثه تكون فقاعة الارتفاع altitude bubble مثبتة مباشرة بورتيه الدائره العموديه ، وهكذا فبجمل فقاعة الارتفاع افقيه ضمن صفر الوريثيسه . وفي قياس الزوايا العموديه يجب ان يتم ذلك قبل او مباشرة بعد التوجيه الى الهدف . تتوفر في الوقت الحاضر الدائره العموديه ذات التأثير التلقائي automatic indexing في عدد من اجهزة المزواة الحديثه .

1-3 الفحوصات والتطبيقات TESTS AND ADJUSTMENTS

لاجل ضمان بقاء الآله منظمه ، يجب الحفاظ على العلاقات التاليه (شكل 3-1) :

(a) يجب ان يكون المحور العمودي للجهاز شاقوليا بحق عندما تكون الفقاعة الدائريه للقاعه متركزه .

(b) يجب ان يكون خط النظر line of sight عموديا على المحور الافقي

(c) يجب ان يكون المحور الافقي عموديا على المحور العمودي (الشاقولي) .

(d) عندما يكون المنظار افقيا ، يجب ان تقرأ الدائره العموديه صفرا (ستمتد هذه القراءه على صناعة الجهاز وعلى موقع الدائره العموديه من المنظار face position) ويجب ان تكون فقاعة الارتفاع altitude bubble متوسطه .

يجب اجراء الفحوصات والتطبيقات التاليه على فترات زمنييه منتظمه وحسب التسلسل المبين في ادناه :

Plate Level Test

الغايه من هذا الفحص مذكوره في الفقرة 3-1a ، فالمحور العمودي للجهاز عمودي على الطبق الافقي (اي القاعه الافقيه horizontal plate) الذي يحمل فقاعة القاعه plate bubble ، ولضمان جعل المحور العمودي للجهاز شاقوليا حقيقه كما تشير اليه الفقاعة ، فمن الضروري ضبط استقامه محور الفقاعة ليوازي الطبق الافقي .

انحس ، افرض بان الفقاة ليست موازية الى الطبق الافقي ولكنها تخطي* عنه بزوايه e .
 فيتم عندها جعل الفقاة موازية الى اثنين من اللوالب القديمه ويجرى وزنها بشكل تقريبي ثم تدار
 بزوايه 90° وتوزن مرة ثانية باستخدام اللولب القديمي الثالث . والان ترجع الى موقعها الاول وتوزن
 بدقه باستخدام اللولبين القديسين ، فستظهر كما في الشكل 2a-3 . والان يدار الجهاز بزوايه 180°
 فيظهر كما في الشكل 2b-3 اي ان الفقاة ستتحرك عن المركز بمقدار يمثل ضعف الخطأ في
 الجهاز (2e) .

نستط * ترجع الفقاة مسافة نصف خطأها باتجاه المركز باستخدام اللولبين القديسين ، وهذا
 سيؤدي الى تحريك محور الجهاز بزوايه (e) وبذلك سيكون المحور شاقوليا بحق * وتبسط
 الفقاة بميدة عن المركز بمقدار يتناسب مع الخطأ (e) . ويجب ان تعاد الى المركز برفع او خفض
 احدى نهايتي الفقاة باستخدام اللوالب الرحويه المنظمه capstan adjusting screws .

Collimation in Azimuth

تعاد خط النظر والمحور الافقي

الغاية من هذا الفحص هو لضمان جعل خط النظر عموديا على المحور الافقي للجهاز .

انحس ، تنصب المزواة وتوزن ويوجه المنظار ليتقاطع مع علامة دقيقة في A تقع على بعد 50 م
 تقريبا وبارتفاع الجهاز (شكل 3-3) . فاذا كان خط النظر عموديا على المحور الافقي فعند
 تدوير المنظار شاقوليا بزوايه 180° سيتقاطع عند A' . مع ذلك افرض ان خط النظر يصنع زاويه مقدارها
 (90-e) مع المحور الافقي كما مبين بخطوط منقطه في الوضعين عندما تكون الدائره العموديه الى
 يسار المنظار (F.L.R) ، والى اليمين (F.R) . فاذا في الوضع الذي تكون فيه الدائره العموديه الى يسار
 المنظار يسعين الجهاز علامه دقيقه عند A_L . والان بتفسير وضع الدائره العموديه واعادة تقاطع
 النقطه A ثم قلب المنظار transit تسمى علامه دقيقه في A_R . فن الشكل يتضح بان المسافه
 (A_LA_R) تمثل اربعة اضعاف الخطأ في الجهاز (4e) . (عند النظر من خلال منظار المزواة وعندما
 تكون الدائره العموديه الى اليسار تسمى الرصد "رصد وجه يسار Face Left Observation" .
 والعكس بالعكس) .



شكل 3-3 خط النظر والمحور الافقي متعامدين

التنظيم ، يجرى تحريك الشحرتين المتقاطعتين الان افقيا باستخدام لوابها الانقيه الرحويه المنظمه
 Horizontal Capstan Adjusting Screws من A_R الى نقطه متوسطه المسافه بين A_L و A_R .
 وهذه هي ربع المسافه (A_LA_R) .

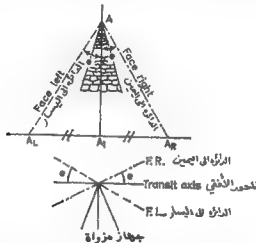
ان هذه الحركة في الدائرة Reticle حاملة الشعرتين المتقاطعتين يمكن ان تؤدي الى ارجاع موقع الشعرة العمودية نسبة الى المحور الافقي . اى يجب ان تكون عمودية على المحور الافقي . ويمكن فحصها بقلب المنظار شاقوليا حول نقطة صفحه . فاذا تحركت الشعرة العمودية عن النقطة معناها انها ليست عمودية على المحور الافقي . فتصحح باللولب المنظمه .

يعرف هذا الفحص مادة الفحص الذى يضمن شاقولية الشعرة العمودية والتي تكون عمودية حقا فقط عندما يكون المحور الافقي للجهاز افقيا . مع هذا فانه يمكن اجراء الفحص عندما لا تكون الزوايا موزونة levelled ولهذا السبب يجب استخدام نقطة وليس خط شاقولي كما يقترح في بعض الاحيان .

الفحص بواسطة البرج Spire Test (فحص المحور الافقي Transit Axis Test)

يضمن هذا الفحص جمل المحور الافقي للجهاز عموديا على المحور العمودي .

الفحص . يتم نصب الجهاز ويوزن باعته على بعد 50 م تقريبا من نقطة واضحة ومرتفعة . من المفضل ان تكون بزاوية اكبر من 30° (شكل 3-4) فتقاطع النقطة المرتفعة A ويخلف المنظار الى موقعه الافقي وترصد علامة اخرى . فاذا كان المحور الافقي منظما ستظهر النقطة A تحت A مباشرة . مع ذلك . اذا كان الجهاز مخطئا يساوى θ (المحور الافقي مبين كخط منقط في الحالة التي تكون فيها الدائرة العمودية الى يمين المنظار والى يمينه) فسوف تكون العلامة في A_L . والان يجرى تفسير وضع المنظار بالنسبة للدائرة العمودية فتصحح الى يمينه (FR) ويصاد تقاطع النقطة A ثانية ويخلف المنظار مرة اخرى الى موقعه الافقي لتعيين العلامة A_R . فالمسافة $(A_L A_R)$ هي ضعف الخطأ في الجهاز (2e) .

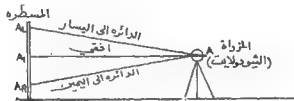


شكل 3-4 الفحص بواسطة البرج (فحص المحور الافقي)

التنظيم . ينصف الضلع $(A_L A_R)$ وتوضع علامة دقيقة في A_1 . والان يحرك المنظار افقيا باستخدام لولب الحركة الافقية البسيطة plate tangent screws حتى تتقاطع العلامة A_1 . يجب على الطالب ملاحظة بانه لم تجر لحد الان اية تطبيقات على الجهاز . وعلية عند رفع المنظار ثانية الى نقطة A سوف يخطئ من النقطة A بالمسافة $(A_1 A_2/2)$. فيتحرك احدى نهايتي المحور الافقي للجهاز باستخدام اللولب المنظمه يرجع خط النظر ليقطع النقطة A . فقط برفع خط النظر يصبح بالامكان التقاطع مع A . كما ان حركة المحور الافقي عندما يكون المنظار في المستوى الافقي $(A_L A_R)$ سوف لا تؤدي الى حركة خط النظر الى A_1 .

انخفض ، وسط فقاعة الارتفاع altitude bubble باستخدام للبيئة الماسك ، وتدير النظارة اجمل الدائرة العمودية تقرأ صفراً .

لاحظ القراء على مسطوره شاقولييه مسكت على بعد 50 م تقريبا . ثم غير وضع الدائرة العمودية وكرر العملية باثنتيها ، فاذا كان هناك خطأ سيظهر اختلاف بين القراءتين على كل من الوجهين ، أي α_1 و α_2 في الشكل 3-5 .



التطعيم (a) اجعل المنظار يقرأ معدل القراءتين اعلاه وهكذا سيكون حقا افتيا .
(b) وعليه فان الدائرة العمودية سوف لا تقرأ صفرا . يجب ان ترجع لقرآ صفرا بدون التأثير على الوزن الاقني للمنظار . وهذا يتم بتحريك الوريثه لقرآ صفرا باستخدام اللولب الماسك الـ
clip screw .
(c) سوف يؤدي تحريك اللولب الماسك الى انحراف فقاعة الارتفاع عن الوسط . وعليه يجري تبسيط الفقاعة بواسطة لولبها الرجعيه المنظمه .

فهرست میزان القاعدہ : کما فی الفقرہ ۱-۳ •

Collimation in Azimuth فحصر تمام خط النظر مع المحور الافقى

بالنظر انزيا والجهاز مؤزن باحثه ، ارصد نقطة دقيقة ولاحظ القراء ، ثم غير موقع الدائرة العمودية
 change face وكرر العملية فاذا كان الجهاز منضما لاختلفت القراءتين بزاوية مقدارها 180°
 تماما . اما ان لم يكن منضما فيجري تنظيمه ليعطي القراءه الصحيحه كما مبين في ادناه باستخدام لولب
 الحركة الانقيص البطيئه ، ثم يعاد خط النظر الى النقطه الصغيره بتنظيم الشمرتين المتقاطعتين .
 فمثلا : الدائرة العمودية الى يسار النظار (F.L.)
 الدائرة العمودية الى يمين النظار (F.R.)
 الفرق

$$\begin{array}{r} 01^\circ 30' 20'' \\ 181^\circ 31' 40'' \\ \hline 01^\circ 20'' = 2^\circ \end{array}$$

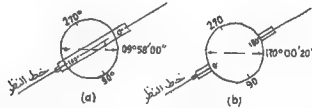
القراءه المصححه اذن هي $181^{\circ} 31' 00''$ و $01^{\circ} 31' 00''$ $\therefore e = 40''$

بالجهاز موزون باعتناء ، ارصد نقطة ذات منصوب مرتفع ولاحظ قراءة الدائرة الانقيصه . ثم غير موقع الدائرة العمودية وكبره . فاذا كان هناك خطأ لجعل الدائرة الانقيصه تقرأ القراءه الصحيحه كما في املاء ، ثم نظم خط النظر ليمود الى العلامة برفع او خفض المحر الاقني للجهاز . ومن الجدير بالذكر هنا انه ليس بإمكان كل الاجهزه الحديثه لجبره هذا التنظيم .

فحص مؤشر الدائرة العمودية Vertical Circle Index Test

اقرضيان الجهاز يقرأ صفرا على الدائرة العمودية عندما يكون المنظار في الوضع الذي تكون فيه الدائرة العمودية الى يساره . زن الجهاز باعتناء واجعل فقاعة الارتفاع attitude bubble افقيه وارصد نقطة دقيقة مرتفعه ، ثم غير وضع الدائرة العمودية وكرر العملية ، فيجب ان يكون مجموع قراءتي الدائرة العمودية في الوضعين 180° ، وای فرق من هذه الزاويه يساوي ضعف الخطأ في المؤشر .

$09^\circ 58' 00''$	مثلا ، القراءه عندما تكون الدائرة الى يسار المنظار (شكل 3-6a)
$170^\circ 00' 20''$	القراءه عندما تكون الدائرة الى يمين المنظار (شكل 3-6b)
$179^\circ 58' 20''$	المجموع
$180^\circ 00' 00''$	المجموع الصحيح
$- 01' 40'' = 2e$	
$- 50'' = e$	



شكل 3-6 (a) الدائرة الى يسار المنظار (b) الدائرة الى يمين المنظار

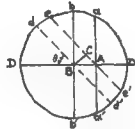
وهكذا مع بقاء وضع المنظار ثابتا على النقطه عندما كان يقرأ الزاويه $170^\circ 00' 20''$ يتم تنظيم الزونيتقرأ بواسطه اللولب الماسك او لولب فقاعة الارتفاع $(170^\circ 01' 10'' = 170^\circ 00' 20'' + 50'')$ بعدها توسط فقاعة الارتفاع باستخدام لولبها الرحويه المنظمه . فلو تقرأ الدائرة العمودية 90° و 270° بدلا من 0 و 180° فان مجموع القراءتين يساوي 360° . تتناز هذه الطرق الاخرى للفحص بالفائده في استخدام تدريجات الجهاز نفسه عوضا عن مقاييس خارجيه ، وطليه يمكن ان تتم من قبل شخص واحد .

3-2 تأثير اخطاء الجهاز Effect of Instrument Errors

لا توجد في الحقيقة تنظييمات كاملة ، فدائما تبقى اخطاء صغيرة في الجهاز . وسيجري الان بيان هذه الاخطاء بالتفصيل :

ازاحة المراكز الجانبية Eccentricity of Centres

ينتج من هذا الخطأ عدم انطباق مركز الارتكاز الوسطي العامل للعقادة (alidade الجزء العلوي من الجهاز) على مركز المركز المجوف الذي يحمل الدائرة المدرجة . (شكل 3-1 و 3-7)
يكون تأثير هذا الخطأ على القراءات دوريا ، فإذا كانت B هي مركز الدائرة المدرجة و A المركز الذي حوله تدور العقادة ، فإن المسافات (AB) تعرف بالقوس (ab) من الثواني على الدائرة المدرجة وتسمى خطأ اختلاف المركز error of eccentricity . فلوان الزينية هي في D على خط



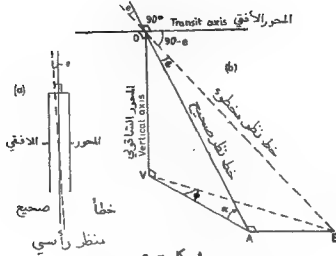
شكل 3-7

المركزين فانها تقرأ كما لو لم يكن هناك خطأ ، ولو انها في b فانها بخطأ يساوى (ba) و يساوى E أكبر خطأ . ويكون الخطأ في موقع متوسط مثل d يساوى (de) و يساوى (BC) وهذا يساوى $(AB \sin \theta)$ و يساوى $(E \sin \theta)$ حيث ان θ هي زاوية الدوران الافقيه .
يجري تدوير الدائرة الافقيه باتجاه مغرب الساعة وعليه فالزينية المفروضة ان تكون في b ستكون في a .
مماثلة قراءه تزيد بمقدار (+E) . اما الزينية المقابله المفروض ان تكون في b' فانها ستكون في a' .
وعليه فانها ستقرأ بخطأ مقداره (-E) . بنفس الطريقة بالنسبة للموقع المتوسط في d و d' فالخطأ بالقراءه سيكون $(+E \sin \theta)$ و $(-E \sin \theta)$. وهكذا سيكون معدل القراءتين على الوجهين غالبا من الخطأ .

يؤدي الصنعين بان هذا المصدر من الخطأ لا يحدث في تركيب الاجهزه الحديثه ذات الاقواس الزجاجيه glass arc instruments .

خطأ في تعامد المحور البصرى مع المحور الافقي Collimation in Azimuth Error

اذا كان خط النظر في الشكل 3-8 موديا على المحور الافقي فانه سيجرى المستوى الشاقولي (VOA) عندما ينخفض المنظار بالزاويه الشاقليه α . و اذا لم يكن خط النظر عموديا على المحور الافقي وانما بخطأ عنه مقداره ϕ فان المستوى الشاقولي المنحرف سيكون (VOB) . وعليه فان الخطأ في التوجيه سيكون $(-\phi)$ سالباً بسبب كون الدائرة الافقيه مدرجه باتجاه مغرب الساعة) .



شكل 8-3

$$\tan \phi = \frac{AB}{VA} = \frac{OA \tan e}{VA}$$

$$\frac{OA}{VA} = \sec \alpha$$

$$\therefore \tan \phi = \sec \alpha \tan e$$

وحيث أن ϕ و e هما كميتان صغيرتان جداً، لذا يمكن كتابة المقدار أعلاه كما يلي :

$$\phi = e \sec \alpha \quad \dots (1-3)$$

عند تغيير موقع الدائرة العمودية بالنسبة للمنظار فإن (VOB) سيقع إلى الجانب الثاني من A وهذا يعطي خطأ مساوياً ولكن بعلامة معاكسة أي (ϕ +)، عليه سيكون معدل القراءتين على الوجهين خالياً من الخطأ .

ϕ هي الخطأ في توجيه واحد إلى هدف ذو زاوية α . مع ذلك فالزاوية هي الفرق بين قراءتين .
ولهذا فالخطأ بالزاوية بين جسمين ذو زاويتي ارتفاع α_1 و α_2 سيكون :

$$= e (\sec \alpha_1 - \sec \alpha_2)$$

وهذا بدعيها سيصافى صفراً إذا كانت α_1 تساوي α_2 أو إذا قيسنا في المستوى الأفقي .
أما على الوجه الآخر لم يصبح الخطأ في الزاوية بكل بساطة بتفسير الإشارة :

$$= -e (\sec \alpha_1 - \sec \alpha_2)$$

وهذا يشير إلى أن معدل الزاويتين المرصودتين على كل من الوجهين (أي إلى اليمين وإلى يسار المنظار) هو خالياً من الخطأ بغض النظر عن زاوية الارتفاع .

Vertical Angles

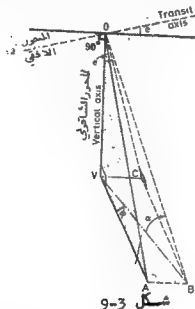
الزوايا الشاقولية

يمكن اثبات أن الخطأ في قياس الزوايا الشاقولية يساوي :

$$= \sin \alpha = \sin \alpha_1 \cos e$$

حيث أن e هي زاوية الارتفاع المقاسة و α_1 هي زاوية الارتفاع الحقيقي . مع ذلك وحيث أن e هي صغيرة جداً ، فإن $(\cos e \approx 1)$ وعليه $(\alpha_1 \approx \alpha)$. وهذا يؤكد بأن الخطأ هذا صغير جداً ولا تأثير له .

إذا كان المحور الافقي مثبتاً بشكل عمودي على المحور الشاقولي للجهاز ، فعند تخفيض المنظار سيجرف المستوى الحقيقي (VOA) (شكل 3-9) . فإذا افترض ان المحور الافقي مائل من الافق بمقدار θ . سيجرف المنظار المستوى (COB) المائل من الشاقول بالزاوية e ، وهذا سيخلق خطأ (ϕ) في القراءة بالزاوية . (الاشارة السالبة هي بسبب ان تدريج الدائرة الافقيه هو باتجاه عقرب الساعة) .



$$\sin \phi = \frac{AB}{VB} = \frac{VC}{VB} = \frac{OV}{VB} \tan \theta$$

$$= \tan \alpha \tan \theta$$

فاذا كانت زاوية الميل تساوي α :

والان وحيث ان كل من θ و α هي كمية صغيرة ،

$$\phi = \theta \tan \alpha \quad \dots (2-3)$$

من الشكل 3-9 يتضح بان التصحيح ϕ للقراءة في B ليمطي القراءة الصحيحة في A هو موجبا بسبب تدريج الدائرة الافقيه باتجاه عقرب الساعة . وعليه فعند النظر في المنظار باتجاه الجسم ، اذا كانت النهاية اليسرى للمحور الافقي مرتفعة يكون تصحيح القراءة موجبا والعكس صحيح . وعند تغيير وضع الدائرة العمودية نسبة الى المنظار فسيقع (COB) في الجهة الثانية من A معطيا خطأ مساويا ولكن بإشارة معاكسة . وهكذا فمعدل القراءة على وجهي الجهاز سيكون خاليا من الخطأ . وكما سبق ذكره فان الخطأ في قياس زاوية بين جسمين يزلوي اتي ارتفاع α_1 و α_2 يساوي :

$$= \theta (\tan \alpha_1 - \tan \alpha_2)$$

$$= - \theta (\tan \alpha_1 - \tan \alpha_2)$$

والذي يصبح عند تغيير الوجه :

مشيرا الى ان معدل الزاويتين المقاستين على كل وجه يكون خاليا من الخطأ بغض النظر عن الارتفاع كذلك اذا كانت $\alpha_1 = \alpha_2$ او ان الزاوية قيمت بالمستوى الافقي ($\alpha = 0$) فانها ستكون خالية من الخطأ .

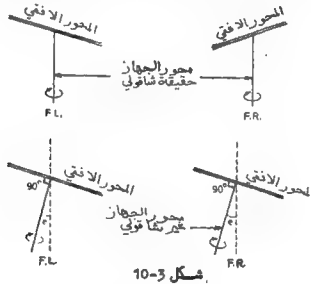
لاحظ انه اذا كانت α_1 موجبه و α_2 سالبه ، فالتصحيح يكون :

$$= \theta (\tan \alpha_1 - (-\tan \alpha_2)) = \theta (\tan \alpha_1 + \tan \alpha_2)$$

بالامكان اثبات ان الاخطاء في قياس الزوايا الشاقولية : $\sin \alpha = \sin \alpha_1 \sec e$: ولما كانت e صغيرة جدا ، لذا فان $(\sec e \approx 1)$ وهكذا $(\alpha_1 \approx \alpha)$ مؤكدا اهمال هذا الخطأ .

تأثير عدم شاقولية المحور الشاقولي Effect of Non Verticality of the Vertical Axis

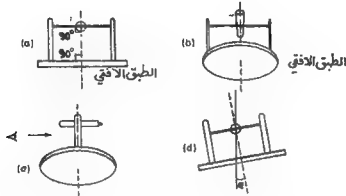
اذا كانت موازين طبق الزوايا غير منظمه ، سيميل المحور الشاقولي للجهاز عن الشاقول ، وعليه سوف لا تكون الزوايا الافقيه المقاسه فعلا افقيه . افترض بان المحور الافقي منظم اي انه عمودي على المحور الشاقولي ، فالخطأ في المحور الشاقولي e سيؤدي الى ميل المحور الافقي من الافق بالمقدار e منتجا خطأ في التوجيه مقداره $(\phi = \tan e)$ كما في الحالة السابقة .



شكل 10-3

مع هذا فالخطأ هنا لا يحدث بالقراءة على وجهي الجهاز (شكل 10-3) ولكنه يتشعب بتشير تسديدات المنظار . فعلى سبيل المثال ، يبين الشكل 11a-3 بان محور الجهاز هو شاقولي بحق ، كذلك المحور الافقي ايضا افقي بحق . وعبر الان بان المحور الشاقولي منحرف بمقدار e في مستوى يصنع 90° مع محتوى الورقة (شكل 11b-3) وليس هناك خطأ في المحور الافقي . فاذا اديرنا المضاد $alidada$ بزاوية 90° باتجاه عقرب الساعة في مستوى الورقة كما في شكل 11c-3 ، فانه سيظهر كما في الشكل 11d-3 عند النظر فيه باتجاه السهم حيث المحور الافقي فيه مائل عن الافق بنفس مقدار ميل المحور الشاقولي عن الشاقول ، اي e . وهكذا يتشعب الخطأ في المحور الافقي من صفر الى اعلى قيمة له خلال زاوية 90° . وعند الزاوية 180° يصبح الخطأ صفرا مرة ثانية ثم عند 270° يعود الى اعلى قيمة له في نفس موقعه بالضبط . فاذا كانت الزاوية الافقيه بين مستوى المحور

الافقي ومستوى المعمر الشاقولي المنحرف وده تساوي δ فان المحور الافقي يعيل عن الافق بـ $(\delta \cos e)$.
 فعلا في الشكل 3-11 ، δ تساوي 90° ، ولديه لما كان $(\cos 90^\circ = 0)$ فان ميل المحور هو صفر كما
 هو مبين .

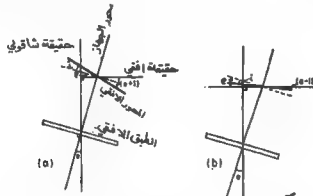


شكل 3-11

التصحيح للزاوية بين هدفين بزاويتي ارتفاع α_1 و α_2 بالاتجاهين δ_1 و δ_2 سيكون :

$$= e (\cos \delta_1 \tan \alpha_1 - \cos \delta_2 \tan \alpha_2)$$

 وعندما $(\delta_1 = \delta_2)$ يكون التصحيح اكبر ما يمكن عندما تعمل α_1 و α_2 اشارتين متعاكستين .
 اما عندما $(\delta_1 = \delta_2)$ اي باتجاهين متماكسين ، فالتصحيح يكون اكبر ما يمكن عندما تعمل α_1 و α_2 اشارتين متماثلتين .
 فاذا كان معمر الجهاز مائلا من الشاقول بالمقدار e والمحور الافقي عن الافق بالمقدار δ ، كلاهما
 بنفس المستوى ، فان احدى انحراف من الوزن maximum dislevelment للمحور الافقي على
 لحد الوجهين سيكون $(e + 1)$ و $(e - 1)$ على الوجه الاخر . انظر الشكل 3-12 .



شكل 3-12

(a) الدائرة الى يسار المنظار (b) الدائرة الى يمين المنظار

وهكذا فالتصحيح في التوجيه على احد الواجهه سيكون :

$$= (e + 1) \tan \alpha$$

 وعلى الوجه الاخر :

$$= (e - 1) \tan \alpha$$

 وهكذا سيؤدي الى تصحيح لمعدل القراءتين مقداره :

$$= e \tan \alpha$$

تطبيق التصحيح ($\tan \alpha$)

إذا كان بالإمكان أخذ رعدة واحدة إلى أهداف مرتفعة، عندها يجب الحصول على قيمة α من المعادلة التالية :

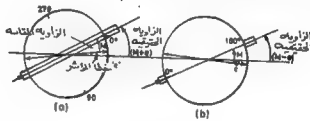
$$\alpha = S \left(\frac{L - R}{2} \right)$$

حيث أن S هي حساسية الفقاعة بشأن من القوس لكل درجة من تدرج الفقاعة . وأن R و L هما القراءتان اليسار واليمين لنهائي الفقاعة عندما تنظر من نهاية المدسة العينية . تكون إشارة التصحيح للقراءة موجبة عندما $L > R$ حيث تكون فيها النهاية اليسرى للمحور الأفقي أعلى (شكل 3-9) .

Vertical Circle Index Error

الخطأ في مؤشر الدائرة الشاقولية

إن شكل هذا الخطأ واضح في الشكل 3-13 وهذا الخطأ يؤدي إلى خطأ ثابت في قياس الزوايا الشاقولية الذي يتحذف بأخذ معدل القراءتين على الوجهين .



شكل 3-13 (a) الدائرة إلى اليسار (b) الدائرة إلى اليمين

Plate Graduation Error

أخطاء في تدرج الدائرة الأفقية

تكون هذه الأخطاء مهمة في أجهزة المزاوة ذات الأقواس الزجاجية glass-arc theodolites ، وبالإمكان تقليلها أكثر بالقراءة على أجزاء مختلفة من الدائرة .

تباين

لم تذكر أجهزته لهذه التباين لكن إن هذه الأجهزة هي إعادة لمعلومات ذكرت سابقاً . عليه ينصح الطلبة بكتابة الأجوبة بأنفسهم .

تمرين 1 : عرض للبيج جهاز مزاوة حديث مع ضمان لمدة أسبوع . وقد تبين ظاهرياً بأنه بحالة جيدة .
الفرصات التي ستجربها لتتأكد فيما إذا كان الجهاز صالحاً للاستعمال مباشرة . بين المعايير التي ستكتشف في كل فحص ثم بين فيما إذا يكون بالإمكان تصحيحها بأصاليب القراءات أو بتطبيقات حقلية أو نقط من قبل المصنع . كذلك اشرح بالتفصيل الطريقة المتبعة في تصحيح تنظيميين حقلين في قائمتك .

ملاحظة : التنظيمات الحقلية هي تلك التي عادة ما يؤمن المصنع عدة لها للتصليح في صندوق الجهاز لأجرائها . (جامعة لنسدن)

تصمين 2 ثبت المحور الأفقي للمزواة ليصنع زاوية مقدارها $1^\circ - 90^\circ$ مع المحور الشاقولي للجهاز حيث أن **1** صغيره . استخراج تمبيراً للخطأ في قياس زاوية افقيه مقابله لجسمين زاويتا ارتفاعهما α و β . طول المحور الأفقي لجهاز مزواة يساوي 80 ملم ، فيه احدى النهايتين اعلى من الاخرى بـ 0.005 ملم . اوجد الخطأ في الزاويه الأفقيه المرصوده بين نجمة ذات زاوية ارتفاع 65° وجسم مرجعي ذو زاوية انخفاض 5° ، اذا اخذت الرصدات على وجه واحد فقط من الجهاز . (جامعة لنسدن)

تصمين 3 اثبت بان تأثير لا مركزيه الدائره الأفقيه لجهاز مزواة هو تسبب خطأ في قراءة جانب واحد فقط ، الذي يتغير بموجب معادله الجيوب sinusoidally مع زاوية دوران المنظار . بين كذلك انه عندما يقرأ جانب واحد من الدائره - مع بقا افقيه الدائره ثابتة - فان معدل القراءتين على الوجهين (FL) و (FR) يحطي الزاويه الصحيحه . (جامعة لنسدن)

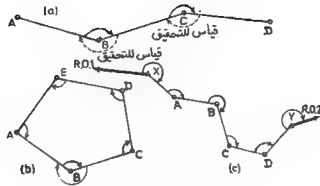
تصمين 4 محطتين بزاويتي ارتفاع α_1 و α_2 رصدتا بجهاز مزواة فيه المحور البصري line of collimation يعمل من المحور الأفقي بزاوية $(1-90^\circ)$ حيث **1** صغيره .
(a) استخراج تمبيراً للخطأ في الزاويه الأفقيه بين المحطتين كما هو ممطى في هذا الجهاز .
(b) بين بطريقة الرسم تأثير الخطأ في المحور البصري على قراءات الدائره العمودييه في التوجيه الى محطة واحده .
(c) ما هو تأثير قياس الزوايا الأفقيه والشاقوليه على كلا الوجهين ؟
(جامعة لنسدن)

2-3 التضليح بواسطة المزواة THEODOLITE TRAVERSING

في الاحمال الهندسيه ، عادة تطلب مواقع الاحداثيات لنقاط في مستوى افقي لعدة اسباب .
والثلاثة اسباب الرئيسيه هي :

- السيطره على المسح الطوبوغرافي .
- السيطره على المسح الانشائي (التسقيط setting out) .
- السيطره على المسح الجوي .

واحدى طرق تمعين نظام السيطره الافقيه هذه هي التضليح traversing . فالضلع يتألف من سلسله من خطوط متتاليه ترتبط ببعضها بزاويا افقيه واطوال (شكل 3-14) .



شكل 3-14

Nomenclature

2-3-1 مصطلحات

الضلع المفتوح Open Traverse ، وهو لا يعود إلى نقطة بدايته أو يرتبط بحطة سبق تميينها . وهو يستخدم في أعمال الأنفاق (شكل 3-14a) .
الضلع المغلق Closed Traverse ، وهو الذي ينفلق رجوعا إلى نقطة بدايته وبذلك مولفاً مغلماً (شكل 3-14b) . أو الذي يبدأ من محطة معروفة الإحداثيات ويرتبط بحطة ثانية ذات قيمة معلومة أيضا ، وكذا ضلع يسمى أحيانا **ضلع الربط** Link Traverse ، فمحطات البدايه والنهايه عادة تكون ذات قيمة أصلي higher order من الضلع نفسه (شكل 3-14c) .

من الجدير بالملاحظة انه إذا كان شريط القياس الحظي المستخدم قصيرا في حالة الضلع المغلق فان الضلع سيكون كبيرا جدا والعكس صحيح . كذلك إذا كان أول ضلع خطأ بمقدار θ فان الضلع سيدير بكاملة بزوايته θ . مع هذا سيظهر الضلع كأنه ينفلق بدون خطأ في جميع الحالات . وكذا أخطاء إجمالية gross errors ستكون واضحة بمرسه في ضلع الربط .

Sources of Errors

2-2-3 مصادر الخطأ

الخطأ الزاوي Angular

إضافة إلى الأخطاء آنفة الذكر في الجهاز ، فان ما يلي سوف أيضا يؤثر على دقة الزاوية .

التوجيه sighting ، بسبب الخطأ الطبيعي في نظر ولمس الراصد فلما يكون تقاطع الأهداف دقيقا ، وقدردما يحتمل أن تكون هذه الأخطاء موجبه تكون سالبه و يقل تأثيرها باخذ معدل عدد من القياسات .

القراءة وتثبيت المرنين Reading and Setting Verniers ، وهذه مرة ثانية هي أخطاء بشرية ، ويمكن تقليلها باخذ معدل لعدد من القراءات .

تشغيل الجهاز Instrument Operation ، كدوير لولب مغلوطة أو عدم اتصاف تطابق لصوره parallax ، أو عدم تثبيت الدائرة السفلى ، أو تحرك القاعد . فكل هذه الأخطاء يجب أن تكون في الصوره عند تسجيل القراءات .

خطأ التسجيل Booking Error ، بالامكان تلافيه من قبل المسجل بقراءة الرصد

رجوعا الى الرصد .

السببات الطبيعية Natural Causes ، كتأثير الوميض والانكسار والريح والتصدد

الجزئي لاجزاء الاجهزه ، فقلما يمكن عمل شيء في الحالتين الاولى والثانية ، اما في الحالتين التاليتين فيجب تثبيت الركيزه جيدا ، ويحصى من الريح واسعة الشمس .

التسامت المعاب Defective Centring ، لكل ثانية واحد من القوس هناك دقة طوليه تتناسبها

تساوى 0.5 ملم الى 100 م ، وهكذا بالنسبة لمعظم الاعمال الهندسيه ، فمن غير الضروري القراءه الى حد الثانيه حيث ان هناك خطأ في تسامت الجهاز يزيد على ذلك ، وان اخطاء التسامت لها التأثير الاكبر على الخطوط القصيره والتي ، بدون شك ، تتواجد عند الحاجة الى دقة اكبر كما في مد الانفاق ومسوحات المدن وتسقيط المناسبات . ان استخدام نظام الثلاثة ركائز يحصر خطأ التسامت بالخطه التي يحدث فيها الخطأ ، بينما في الضلع الاعتيادي يتسرب الخطأ خلال اعمال المسح .

في نظام الثلاثة ركائز ، تستخدم رؤس تصويه levelling heads قابله للتبديل واهداف وشواقيل بحسبه وجهاز مزواة ، والعمل يكون اكثا بكثير في حالة توفر ركيزه رابعه . خذ الشكل 3-15 ، فالزوايا مثبتة في B بينما تصحى الاهداف بواسطة الشاقول البصرى في A و C والركيزه الرابعه مسطحة في D وتعمل رأس تصويه فقط ، وعندما ترصد الزاويه (ABC) يتحرك الهدف من A الى B والزوايا الى C والهدف من C الى D ، وبنفس الوقت تنتقل الركيزه ورأس التصويه من A الى E ويثبت في الوقت الذى ترصد فيه الزاويه (BCD) . وهذه الطريقه يتم انجاز الضلع بكامله باعلى سرعه وكفاءه .



شكل 3-15



شكل 3-16

يمكن توضيح كيفية حصر اخطاء التسامت باستخدام النظام اعلاه وذلك بالاعتماد على الشكل 3-16 .

لاحظ اولاً استخدام نظام الثلاثة ركائز ، فالهدف المنصوب في C على بعد 100 م من B قد تم تسامته بشكل رديء بسببها بذلك ازاحة مقدارها 50 ملم الى C' ، والزاويه (ABC) المقاسه في B ستعمل خطأ مقداره 0. وهذا الخطأ يساوى 1 الى 2000 ويساوى تقريباً 2 دقيقه (لاحظ جيداً بانده لو كان طول BC يساوى 10م لكانت 20 دقيقه) .

والآن يجري تحويل الهدف من 'G' ويوضع محله الزوايا التي تقيس الزوايا (BCD) وبذلك يرجع السطح على D ، فالخطأ الوحيد إذن سيكون خطأ إحداثيات في G وهو مساوٍ إلى خطأ القياسات وبدونها .
 يمكن أقل بكثير من الخطأ الإجمالي المهيول البالغ 50 ملم المستخدم هنا .
 والآن افتقر استخدام معدات تقليدية ، باستخدام ركبوة ولحده ، وجهاز مزواة ، ثم إن التوجيه يكون إلى شولس ، وافتراض الشخص في G يظهر بأنه في 'G' بسبب القياسات الرديئة أو الميلان . سوف تقاس الزوايا الخطأ (ABC) .
 والآن عند تحويل الجهاز سيتم تصادته بدقة هذه المرة فوق المحطة في G وتقاس الزوايا الصحيحة (BCD) مع ذلك ستضاف هذه الزوايا الصحيحة إلى الاتجاه الزاوي المحسوب سابقاً والذي هو اتجاه (BC) ممطياً الاتجاه الزاوي لـ (CD) وهكذا ينتقل الخطأ من الموقع الخطأ في 'G' مسبباً خطأ آخرًا للخطأ في 'D' . وعليه فلتصامم الجهاز والأهداف الأخرى بدقة فوق محطات المسح الأهمية الكبرى .

الخطأ الطولي Linear

في هذه الطريقة سوف تكون الأخطاء حسب الطريقة المتبعة في قياس المسافة ، والتي في أعمال المسح الحديث يمكن أن تتم بواسطة التقيس المقابل subtense bar أو بقياس الأبعاد بالطرق المصرية الدقيقة precise optical tacheometry أو بقياسات المسافات بالالكترسفناتيسية (E.M.D.) Electro-Magnetic Distance Measurement مع ذلك فالأخطاء موضحة البحث هنا محصورة بقياس المسافة بواسطة الشريط tapping .

تتميز الشريط Standardisation of the Tape ، هي مهمة جداً ، فلوان الشريط أطول أو أقصر بمقدار ΔL سيحدث خطأ منتظماً systematic error يساوي هذا المقدار في كل مرة يوضع فيها الشريط ، ويمكن إيجاد هذا الخطأ بتتميز الشريط من قبل منظمة التجارة أو مختبر الفيزياء الوطني (N. P. L.) National Physical Laboratory أو بمقارنته بشريط مرجعي قياسي .

الاضطراب الخطوط Faulty Alignment ، وهذه تؤدي إلى قياسات أطول ، والخطأ الإجمالي الناتج يساوي $(d^2/2L)$ حيث أن d هي الانحراف لكل طول مقداره L .

عدم انتظام السطح Surface Irregularity ، وهذا يسبب تشويهاً في المستوى الفاقلي مودياً إلى خطأ منتظم systematic error يساوي $(2h^2/L)$ حيث h هي أعلى تشوه عند الوسط .

الحرارة Temperature ، إذا لم تسجل ويصحح لها يمكن أن تؤدي إلى خطأ كبير عند القياس بشريط معدني والتصحيح يكون $(IK\Delta t)$ حيث أن K هي معامل التمدد و (Δt) هو الفرق بدرجات الحرارة عن الحرارة القياسية ، وحتى لو تصحح درجة الحرارة فإن الأخطاء يمكن أن تنشأ من عدم قراءة الحرارة بشكل صحيح أو ان الحرارة نفسها يحوي خطأ ثابتاً .
 في كل الأحوال يصعب معرفة درجة حرارة الشريط الحقيقي ، وذلك بسبب أشعة الشمس والرياح المتغيرة ، ثم بسبب تغيير موقع مقياس الحرارة الدقيق microclimate من الأرض إلى ارتفاع الكسوف .

الشد Tension ، الشد الذي هو أكثر من الشد القياسي يزيد من طول الشريط وهذا الخطأ يمكن أن يصحح بتطبيق القانون $(L \cdot \Delta P / \Delta L)$ حيث (ΔP) هو الفرق بالشد عن الشد القياسي و A هي مساحة المقطع العرضي للشريط و E معامل يونغ للمرونة **Young Modulus** . مرة ثانية هنا يمكن أن تنشأ أخطاء من عدم قراءة معدات الشد بشكل صحيح أو من وجود خطأ في المعدات نفسها .

الميل Slope ، ويقاس عادة بواسطة الزوايا الشاقولية مزدوجة الوجه **double face** في أعمال التخليع ، ويطبق التصحيح $(= L(1 - \cos \theta))$ حيث أن θ هي معدل زوايا الميل . هذا إضافة إلى الخطأ الإجمالي الناتج من أعمال التصحيح . وسوف تحدث أيضا أخطاء طفوية في قياس الزاوية ، وأن لهذه الأخطاء تأثيرا أكبر كلما زادت زاوية الميل . فمثلا ، الخطأ (± 10) لمسافة 100 م و ميل 30 ينتج خطأ مقداره 0.0024 م . أي 1 إلى 40 000 .

أخطاء في قراءة وتأشير الشريط Errors in Reading and Marking the Tape

وهذه الأخطاء ذات طبيعة جزيئية ويمكن تقليلها كثيرا بالاعتناء والتدقيق .

أخطاء في تدوين القراءات Errors in Booking ، وهي أيضا ذات طبيعة جزيئية ولكنها صعبا تكون إجمالية بحيث تكشف بمجرد عدد لجراء عدة قياسات لكمية واحدة .

(للاطلاع على شرح أكثر تفصيلا لأخطاء القياسات ، راجع كتاب المسح الهندسي - الجزء الثاني - الفصل الثاني)⁽¹⁾

3-3 الاحداثيات واستعمالاتها GO-ORDINATES AND THEIR USE

من الزوايا والمسافات المقاسة على سطح ، يجري احتساب الاحداثيات المتعامدة المستوية للنقاط التي يتم مسحها ، وتكون هذه الاحداثيات مطلوبة لثلاثة أسباب رئيسية :

- (أ) لتكوين تمثيل الضلع .
- (ب) لتكوين رسم الضلع .
- (ج) للاستفادة منها في الحسابات الرياضية لأغراض الضقيط **setting out** .

3-3-1 توزيع الخطأ الزاوي Distribution of Angular Error

أول خطوة في احتساب الاحداثيات هي توزيع الخطأ الزاوي . فيمكن تسمية الزوايا بأنها داخلية أو خارجية تبعا لاتجاه الضلع . ففي الشكل 3-14b اتجاه الضلع هو بعكس اتجاه عقرب الساعة من A إلى B إلى C . الخ . يفترض أن المزاوة في B ستكون القراءة الخلفية باتجاه A بينما ستكون القراءة الأمامية باتجاه C .

1 المقصود هنا النسخة الإنكليزية الأصلية للمؤلف حيث أن النسخة العربية غير مؤطرة بعد .

وهكذا لما كان تدرج الزوايا هو باتجاه عقرب الساعة ، فالطريقة المتبعة في استخراج الزوايا من القراءات تكون بطرح القراءة الخلفية من الامامية ($a.b.c. - d.e.f. = x.y.z.$) والنتيجة تكون الزوايا الداخلية (ABC) . فلو كان اتجاه المضلع باتجاه عقرب الساعة لكثرت هي القراءة الخلفية و a الامامية وان حاصل طرح الخلفية من الامامية يعطي الزوايا الخارجية (CBA) ، حيث ليس لاتجاه دوران الجهاز اية قيمة .

ولتعديل الخطأ الزاوي بالنسبة لمعدل الزوايا المقاسة :

- (a) قارن مجموع الزوايا الداخلية بالمقدار ($(2n-4) \times 90^\circ$)
- (b) قارن مجموع الزوايا الخارجية بالمقدار ($(2n+4) \times 90^\circ$)
- حيث ان n هي عدد الزوايا .

يجرى توزيع الفروقات بالتساوي بين الزوايا التي من ثم تستخدم في احتساب الاتجاهات الزاوية bearings (انظر الجدول 1-3) .

Acceptable Angular Misclosure

عدم الاغلاق المسموح به في الزوايا

يمكن تطبيق الطريقة التالية شرط ان هناك ما يؤيد الاختلاف في معدل الزوايا المرصودة ، او :

$$\sigma_w^2 = \sigma_{\alpha_1}^2 + \sigma_{\alpha_2}^2 + \dots + \sigma_{\alpha_n}^2$$

حيث ان ($\sigma_{\alpha_n}^2$) هو مقدار التباين variance لمعدل الزوايا المرصودة .
و (σ_w^2) هو مقدار التباين variance لمجموع زوايا المضلع .

فاذا فرضنا ان كل زاوية قد قيس بنفس الدقة :

$$\sigma_{\alpha_1}^2 = \sigma_{\alpha_2}^2 = \dots = \sigma_{\alpha_n}^2 = \sigma_A^2$$

وطيه

$$\sigma_w^2 = n \cdot \sigma_A^2$$

(انظر صعيده 10 الجزء الثاني)

اذن لعدم الاغلاق الزاوي يساوي w : $w = \sum_{i=1}^n \alpha_i - ((2n - 4) \times 90^\circ)$ حيث α هي معدل الزاوية المرصودة و n هي عدد زوايا المضلع

وطيه للحصول على ثقة confidence مقدارها (95%) :

$$P (- 1.96 \sigma_w < w < + 1.96 \sigma_w) = 0.95$$

وللمحصل على ثقة تساوي (99.73%) :

$$P (- 3 \sigma_w < w < + 3 \sigma_w) = 0.9973$$

فمثلا نأخذ مضلعا مغلقا ذو 9 زوايا ، حيث اشارت الفحوصات من عملية مسح بان لجهاز الزوايا المستخدم خطأ قياسي σ_A مقدار 3" . ما هو الخطأ في الاغلاق الزاوي الذي يمكن ان يعتبر مقبولا للمضلع ؟

$$\sigma_w = 9^2 \times 3'' = \pm 9''$$

$$P (- 1.96 \times 9'' < w < + 1.96 \times 9'') = 0.95$$

$$P (- 18'' < w < + 18'') = 0.95$$

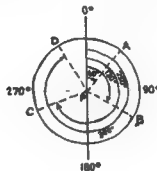
$$P (- 27'' < w < + 27'') = 0.9973$$

بنفس الطريقة :

و هكذا اذا كان الخطأ في الافلاك الزاوي W اكبر من $(\pm 18'')$ ، يستدل الى وجود خطأ غير مقبول في الزوايا المرصودة . هذا اذا كان تقدير قيمة $\Delta \sigma$ معتمدا . واذا زادت W على $(27'')$ فتؤكد ان هناك خطأ زاويا موجودا بكذا قم ليجعله غير مقبول نهائيا .

2-3-3 الاتجاهات الزاوية Bearings

يوضح الشكل 17-3 الدوائر الكاملة للاتجاهات الزاوية (w. o. b.) whole circle bearings فتقاس الزاوية دائما باتجاه عقرب الساعة من محور الصفر ، وتكون بين 0° و 360° .
و هكذا ، الدائرة الكاملة للاتجاه الزاوي (w.o.b.) ل (PA) تساوي 40°
الدائرة الكاملة للاتجاه الزاوي (w.o.b.) ل (PB) تساوي 120°
الدائرة الكاملة للاتجاه الزاوي (w.o.b.) ل (PC) تساوي 250°
الدائرة الكاملة للاتجاه الزاوي (w.o.b.) ل (PD) تساوي 330°



شكل 17-3

والان بالامكان التمييز عن الدوائر الكاملة للاتجاهات الزاوية (w.o.b.) باتجاهات الربع المساوية equivalent quadrant bearing (q. b.)

اتجاه الربع المساوي (q.b.) ل (PA) يساوي (N 40° E) اي 40° شرق الشمال
اتجاه الربع المساوي (q.b.) ل (PB) يساوي (S 60° E) اي 60° شرق الجنوب
اتجاه الربع المساوي (q.b.) ل (PC) يساوي (S 70° W) اي 70° غرب الجنوب
اتجاه الربع المساوي (q.b.) ل (PD) يساوي (N 30° W) اي 30° غرب الشمال

ولقد اصبح نظام الاتجاه الزاوي الربعي Quadrant Bearing System متريكا نتيجة الاستخدام الواسع للحاسبات الالكترونية .

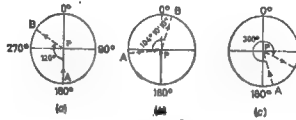
فالدوائر الكاملة للاتجاهات الزاوية (w.o.b.) لاضلاع المضلع تعتبر جميع الزوايا المتكافئة مع الدائرة الكاملة للاتجاه الزاوي السابق . فاول ضلع المضلع يعطى عادة قيمة عليه مطلق تساوي $00^\circ 00' 00''$ حال م يبدأ المضلع من مسجات كائنه . وعلى الطالب ان يعتاد على تحويل الزوايا الى اتجاهات زاوية وبالعكس . مبتدئا بالعباءة الاولى ، وهنا تقترح الطريقة التالية :

مثال 1 ، اوجد الدائرة الكاملة للاتجاه الزاوي ل (PB) اذا طمت ان :

- (1) الدائرة الكاملة للاتجاه الزاوي ل (AP) تساوي صفر وزاوية (APB) باتجاه عقرب الساعة وتساوي 120° .
- (2) الدائرة الكاملة للاتجاه الزاوي ل (AP) تساوي $36^\circ 35' 89''$ وزاوية (APB) هي باتجاه عقرب الساعة وتساوي $104^\circ 10' 10''$.

- (3) الدائرة الكاملة للاتجاه الزاوي ل (AP) تساوي $348^{\circ} 20' 20''$ وزاوية (APB) هي باتجاه
عرب الساعة وتساوي $300^{\circ} 00' 00''$.
(4) الدائرة الكاملة للاتجاه الزاوي ل (AP) تساوي $08^{\circ} 10' 10''$ وزاوية (APB) هي باتجاه
عرب الساعة وتساوي $285^{\circ} 50' 40''$.

الطريقة هـ (1) دائما ابدأ من النقطة التي قيمت حولها الزاوية هـ اى P ، فإذا كانت
الدائرة الكاملة لاتجاه (AP) الزاوي هي صفر هـ فالاتجاه المعكوس (PA) هو 180° . وبكل بساطة
ان اضع الزاوية باتجاه عرب الساعة (APB) لنحيطي الدائرة الكاملة للاتجاه الزاوي (PB) . اى
(300=180+120=300) ففي بداية الحل يكون عمل مرتسم مفيداً جداً . (انظر الشكل 3-18)



شكل 3-18

- (2) في الشكل 3-18b هـ الاتجاه الزاوي المعكوس (AP) :
 $= 89^{\circ} 35' 36'' + 180^{\circ} = 269^{\circ} 35' 36''$
 اذن الدائري الكاملة لاتجاه (PB) الزاوي :
 $= 269^{\circ} 35' 36'' + 104^{\circ} 10' 10'' = 373^{\circ} 45' 46'' = 13^{\circ} 45' 46''$
 (3) في الشكل 3-18c هـ الاتجاه الزاوي المعكوس (AP) :
 $= 348^{\circ} 20' 20'' - 180^{\circ} = 168^{\circ} 20' 20''$
 اذن الدائري الكاملة لاتجاه (PB) الزاوي :
 $= 168^{\circ} 20' 20'' + 300^{\circ} 00' 00'' = 468^{\circ} 20' 20'' = 108^{\circ} 20' 20''$
 ملاحظه هـ في الحالتين انفتحي الذكر هـ يدور (PB) بزاوية 360° ليحيطي هـ قل 373° ، وحيث ان الاتجاه
لا يمكن ان يكون اكبر من 360° وعليه فانه قد دار الى الموقع ($373^{\circ} - 360^{\circ} = 13^{\circ}$)

- (4) يجب على الطالب ان يحاول هذا بنفسه هـ والنتيجة هي ان الدائرة الكاملة لاتجاه (PB) الزاوي
هي $114^{\circ} 00' 50''$.

وبنفس الطريقة يتوجب على الطالب معرفة احتساب الزوايا عند اعطاء الدوائر الكاملة لاتجاهات
فعلية هـ باستخدام الدوائر الكاملة للاتجاهات هـ فالطريقة هي بكل بساطة عكس الطريقة اعلاه .

مثال 2 هـ اوجد الزوايا باتجاه عرب الساعة هـ اذا اعطيت :

- | | |
|------------------------|---|
| $0^{\circ} 00' 00''$ | (1) الدائرة الكاملة للاتجاه الزاوي ل (AP) يساوي |
| $300^{\circ} 00' 00''$ | و الدائرة الكاملة للاتجاه الزاوي ل (PB) يساوي |
| $89^{\circ} 35' 36''$ | (2) الدائرة الكاملة للاتجاه الزاوي ل (AP) يساوي |
| $13^{\circ} 45' 46''$ | والدائرة الكاملة للاتجاه الزاوي ل (PB) يساوي |
| $348^{\circ} 20' 20''$ | (3) الدائرة الكاملة للاتجاه الزاوي ل (AP) يساوي |
| $108^{\circ} 20' 20''$ | والدائرة الكاملة للاتجاه الزاوي ل (PB) يساوي |
| $08^{\circ} 10' 10''$ | (4) الدائرة الكاملة للاتجاه الزاوي ل (AP) يساوي |
| $114^{\circ} 00' 50''$ | والدائرة الكاملة للاتجاه الزاوي ل (PB) يساوي |

الطريقة ٤

(١) مرة أخرى ابدأ من نقطة الزاوية P ، وهكذا إذا كانت (AP=0°) فإن (PA=180°) (PB=300°) ،
اذن فالزاوية (APB) : $120 = 300 - 180 = \angle PBE$
وعلى الطلبة الآن حل الجزء المتبقي بأنفسهم مستخرجين النتائج كما جاء في الاسئلة السابقة .

يتضح الآن بان اتباع الخطوات السابقة لخطم ذو محطات متعددة هو متعمد جداً ، وعليه تتبع الطريقة التالية :

من الشكل 19-3 يمكن استنتاج المعلومات التالية :

الدائرة الكاملة لاتجاه (AB) الزاوي θ_A :

الزاوية المقاسة (ABC) α :

الدائرة الكاملة لاتجاه (BC) الزاوي θ_B :

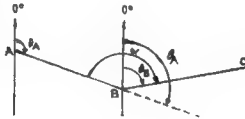
$$\theta_B = \theta_A + \alpha - 180^\circ$$

أي :

الدائرة الكاملة لاتجاه (BC) الزاوي يساوي الدائرة الكاملة لاتجاه (AB) الزاوي زائد الزاوية المقاسة ناقصاً 180° :

وهذا يطبق القاعد التالية التي يجب على الطالب تذكرها :

• إذا كان مجموع الدائرة الكاملة لاتجاه زاوي سابق مع الزاوية المقاسة أكبر من 180° اطرح 180° ، وإذا كان أصغر من 180° فاجمع 180° . أما إذا كان أكبر من 540° فاطرح 540° .



شكل 19-3

مثال 3 ، الزوايا الداخلية باتجاه عقرب الساعة لخطم مغلق هي كما مبينه ، صحيحها ورتب الاتجاهات الزاوية في جدول ، إذا علمت بان الدائرة الكاملة لاتجاه (AB) الزاوي هي $0^\circ 00' 00''$ (جدول 1-3) .

الخط	الدائرة الكاملة لاتجاه (AB) الزاوي	الزاوية المصححة	التصحيح	القيمة المرصودة	الزاوية
AB	0 00 00	120 20 05	+5	120 20 00	ABC
BC	300 20 05	86 00 45	+5	86 00 40	BCD
CD	206 20 50	341 34 25	+5	341 34 20	CDE
DE	07 55 15	60 22 05	+5	60 22 00	DEF
EF	248 17 20	100 28 25	+5	100 28 20	EFA
FA	168 45 45	11 14 15	+5	11 14 10	FAB
AB	0 00 00				
يُتحقق			+30	719 59 30	

جدول 1-3

$(2n-4)90^\circ = 720^\circ$	00' 00''
الخطأ =	-30''

$$\frac{+30''}{6} = +5'' \text{ التصحيح لكل زاوية}$$

ونستخرج الدوائر الكليّة للاتجاهات الزاوية كما يلي باستخدام القاعدة المعطاة :

w.c.b. $\frac{AB}{ABC}$	=	0° 00' 00''
	=	120° 20' 05''
		120° 20' 05''
		+180°
w.c.b. $\frac{BC}{BCD}$	=	300° 20' 05''
	=	86° 00' 45''
		386° 20' 50''
		-180°
w.c.b. $\frac{CD}{CDE}$	=	206° 20' 50''
	=	341° 34' 25''
		547° 55' 19''
		-540°
w.c.b. $\frac{DE}{DEF}$	=	07° 55' 15''
	=	60° 12' 05''
		68° 17' 20''
		+180°
w.c.b. $\frac{EF}{EFA}$	=	248° 17' 20''
	=	100° 28' 25''
		348° 45' 45''
		-180°
w.c.b. $\frac{FA}{FAB}$	=	168° 45' 45''
	=	11° 14' 15''
		180° 00' 00''
		-180°
w.c.b. $\frac{AB}{ABC}$	=	0° 0' 0'' (يتحقق)

3-3-3 الإحداثيات Co - ordinates

نستخدم الإحداثيات المتعامدة المستوية Plane Rectangular Co - ordinates في المسوحات ذات الامتداد المحدود ، فيالرجوع إلى الشكل 3-20 يجرى تحديد موقع محطات التعليل

A و B و C و D بقياسات عمودية من محور عمودي .
 نسمي المسافات على طول المحور الشاقولي (في الرياضيات - محور Y) بالشميل Northing .
 ونسمي المسافات على طول المحور الأفقي (في الرياضيات - محور X) بالشرق Easting .
 ويستعمل أسلوب وضع العلامة الإختياري ، أي أن المسافات إلى الشمال والشرق من نقطة الأصل تكون موجبة (+) وإلى الجنوب والغرب سالبة (-) . ويجب على الطلبة المتعودين على العرف الرياضي الإختياري بتعريف الإحداثيات القطبية Polar Co-ordinates بالزاوية المقاسة من محور الـ (+E) أن يتذكروا بأن الدائرة الكاملة للاتجاه الزاوي لخط ما تقاس من محور الـ (+N) .
 في الشكل 3-20 يستخرج الفرق بين إحداثيات B بالنسبة إلى A من المثلث قائم الزاوية (AAB) ، أي :

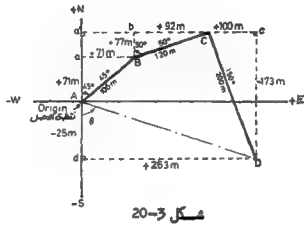
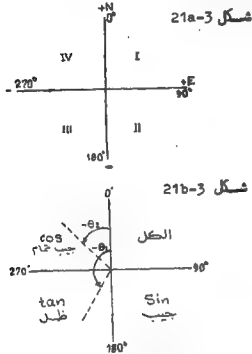
$$aB = \Delta E = L \sin \alpha \quad \dots (4-3)$$

$$aA = \Delta N = L \cos \alpha \quad \dots (5-3)$$

حيث أن L هي المسافة الأفقية و α هي الدائرة الكاملة للاتجاه الزاوي للخط .

هذه الفروقات بين الاحداثيات غالباً ما تسمى " Partial Co-ordinates الجبرية " .
والجمع الجبري للاحداثيات الجبرية ينتج الاحداثيات الكلية Total Co-ordinates N و E
لنقاط بالنسبة لنقطة الاصل . وتعرف العملية اعلاه باستخدام المعادلتين 3-4 و 3-5 بعملية استخراج
" القطب POLAR " .

من الشكل 3-20 يمكن رؤية ان لاحداثيات D نسبة الى A هي (E. +263) و (N. -25) التي
منها يمكن احتساب " الوصل JOIN " اي طول واتجاه (AD) الزاوي .



ان احتساب " الوصل JOIN " و " القطب POLAR " هو امر اساسي في المساحة وسيجري الان
شرحهما بالتفصيل . ولجل فهم الخطوات ، يجب على الطلبة دراسة الشكل 3-21a و جدول 3-2
ملاحظين بان علامات الاحداثيات تشير الى الربع الذي تقع فيه الدائرة الكاملة للاتجاه الزاوي والعكس
بالعكس .

جدول 3-2

الاتجاه الزاوي	E	N
I الربع	+	+
II الربع	+	-
III الربع	-	-
IV الربع	-	+

(1) الوصل JOIN هو الطول L والاتجاه لخط احتساب من فرق احداثيات نهايته .

خذ النقطتين A و B اللتين احداثياتهما (E_A, N_A) و (E_B, N_B) ، فعليه :

$$\Delta E_{AB} = E_B - E_A \quad , \quad \Delta N_{AB} = N_B - N_A$$

من المعادلتين الاساسيتين (3-4) و (3-5) :

$$\alpha_{AB} = \tan^{-1} \frac{\Delta E}{\Delta N} = \cot^{-1} \frac{\Delta N}{\Delta E} \quad \dots (6-3)$$

$$L_{AB} = (\Delta E^2 + \Delta N^2)^{\frac{1}{2}} = \frac{\Delta E}{\sin \alpha} = \frac{\Delta N}{\cos \alpha} \quad \dots (7-3)$$

يفترض استخدام حاسبة الجيب العلمية في الحسابات التالية :

$E_A = 48964.38 \text{ m}$	$N_A = 69866.75 \text{ m}$
$E_B = 48988.66 \text{ m}$	$N_B = 62583.18 \text{ m}$
$\Delta E_{AB} = +24.28 \text{ m}$	$\Delta N_{AB} = -7283.57 \text{ m}$

$$\alpha_{AB} = \tan^{-1} \frac{+24.28}{-7283.57} = -0^\circ 11' 27''$$

ينتج من علامات $(-\Delta E)$ و $(+\Delta N)$ بأن الاتجاه الزاوي يقع في الربع II .

اذن الدائرة الكاملة لاتجاه (AB) الزاوي تساوي :

$$(w.o.b.)_{AB} = 180^\circ - 0^\circ 11' 27'' = 179^\circ 48' 33''$$

حقق : $\alpha_{AB} = \cot^{-1} (-7283.57 / +24.28) = -0^\circ 11' 27''$

وطريقة أخرى : $\cot^{-1} (\Delta E / \Delta N) = 89^\circ 48' 33''$

اذن الدائرة الكاملة لاتجاه (AB) الزاوي تساوي :

$$= 90^\circ + 89^\circ 48' 33'' = 179^\circ 48' 33''$$

في هذه الحالة يكون جمع الى 90° البسيط من طرحها من 180° كما في المرة الاولى .

$$L_{AB} = (\Delta E^2 + \Delta N^2)^{\frac{1}{2}} = (24.28^2 + 7283.57^2)^{\frac{1}{2}} = 7283.61 \text{ m.}$$

$$= \Delta N / \cos \alpha = 7283.57 / \cos 179^\circ 48' 33'' = 7283.61 \text{ m.}$$

$$= \Delta E / \sin \alpha = 24.28 / \sin 179^\circ 48' 33'' = \frac{7289.84 \text{ m.}}{6.23 \text{ m. الخطأ}}$$

تختلف جيب \sin وظلال \tan الزوايا الصغيره (اصغر من $1^\circ 20'$) وجيب تمام \cos الزوايا الكبيره (اكبر من $88^\circ 40'$) كثيرا وبشكل غير منتظم ، وعليه فان اى خطأ بسيط في التقريب سيكون له تاثيرا اكبرا بكثير على قيمة الجيب مما على قيمة جيب تمام . هذا اذن هو سبب الخطأ الكبير بالمسافه عند استخدام $(\Delta E / \sin \alpha)$ ، وعليه يستحسن استخدام نظرية فيثاغورس واسطة الحسابات ، او عند استخدام اى من المعادلتين الاخيرتين اختر المعادلة التي فيها فرق الاحداثيات اكبر (اى $\Delta E > \Delta N$) وعليه في هذه المره استخدم $(\Delta N / \cos \alpha)$.

(1) القطب POLAR ، هو احداثيات نقطة B اذا اعطيت احداثيات نقطة A وطول واتجاه الخط (AB) ، وهكذا :

$$E_B = E_A + \Delta E_{AB}$$

$$N_B = N_A + \Delta N_{AB}$$

حيث ان :

$$\Delta E = L \sin \alpha , \Delta N = L \cos \alpha$$

$$E_A = 48\ 964.38 \text{ m.} , \quad N_A = 69\ 866.75 \text{ m.} \quad \text{مثال :}$$

$$w.o.b. (A-B) = 299^\circ 58' 46''$$

$$L_{AB} = 1325.64 \text{ m.}$$

وحيث أن (AB) يقع في الربع الرابع IV فإن علامات ΔE و ΔN هي سالبة وموجبة على التوالي :

$$\therefore \Delta E_{AB} = 1325.64 \sin 299^\circ 58' 46'' = -1148.28 \text{ m.}$$

$$\Delta N_{AB} = 1325.64 \cos 299^\circ 58' 46'' = +622.41 \text{ m.}$$

$$\therefore E_B = E_A + \Delta E_{AB} = 47\ 816.10 \text{ m.}$$

$$N_B = N_A + \Delta N_{AB} = 70\ 529.16 \text{ m.}$$

من الجدير بالملاحظة بأنه إذا كان للحاصبة أزرار للاحداثيات القطبية polar والمتعامدة rectangular والموسومة عادة بـ (P) و (R) فتمند ادخال احداثيات متعامدة في الريمين III و IV والتحويل الى احداثيات قطبية فانها ستعطي القيم (θ_1) و (θ_2) وكما مبين في الشكل 3-21b .
وطيه ولنفرض الحصول على الدائرة الكاملة للاتجاه الزاوي يجب ان نضاف 360 . علما بان المظهر
المعكوس لا تتأثر . وكدليل على المراتب العشرية التي توضع في الحسابات تكون الارقام التالية
هي المانه :

(4 مراتب عشرية)	$21^\circ 21' 10''$
(5 مراتب عشرية)	$21^\circ 21' 11''$
(6 مراتب عشرية)	$21^\circ 21' 11.1''$
(7 مراتب عشرية)	

3-5-4 تعديل الخط Traverse Adjustment

تكون غطوات احصاء و تعديل الخط كما يلي :

- (1) استخراج معدل الزوايا والمسافات من الدفاتر الحقيقية وحققها للحصول على خطأ مقبول للانقلاب .
- (2) (a) تعديل معدل الزوايا المرصودة الى $(2n \pm 4) \times 90^\circ$.
- (b) تعديل معدل المسافات المقاسة الى المسافات الافتية الصحيحة .
- (3) احصاء الاحداثيات الجزئية $(\Delta E, \Delta N)$.
- (4) تعديل الاحداثيات الجزئية ومجموعها الجبري لتعطي الاحداثيات الكلية (E, N) .

ان هذا النوع من التعديل يمكن تطبيقه فقط الى الخلطات المغلقة (شكل مغلغ او ربط) .
حيث لا توجد طريقة مثلى لتعديل الخط ، فالطريقة الاحتمال غالبا ما تكون مفضلة . فهناك طريقتين
اكثر استخداما في الهندسة لاصال النظيت *tertiary work* هي :

$$(1) \text{ طريقة باودتش Bowditch's Method ، التي تنص :}$$

$$(a) \text{ التصحيح الى } (\Delta E) : \text{ طول الخط } (L_n) \times \frac{\text{الخطأ الكلي في } (\Delta E)}{\text{طول الخط الكلي}}$$

$$= K_1 \times L_n$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{\text{الخطأ الكلي في } (\Delta N)}{\text{طول الضلع الكلي}} \times \text{طول الضلع } (I_n) \quad \text{ب) التصحيح إلى } (\Delta N_n) \\
 &= K_2 \times I_n \quad \text{أي :}
 \end{aligned}$$

فالطريقة أعلاه ناتجة من نظرية أصغر المربعات Least Squares وهذه مستندة إلى الفرضية القائلة بأن الأخطاء في قياس الأطوال تتناسب طردياً مع الجذور التربيعية للأطوال المقاسة . وأن الأخطاء في الاتجاهات الزاوية للخطوط تتناسب عكسياً مع الجذور التربيعية لأطوال الخطوط . فلا الفرضية هذه مقبولة ولا الفرضية الأولى عند قياس المسافة الكروية ، وبالرغم من ذلك فإنها لا تزال تستخدم بشكل واسع .

(2) طريقة المصير Transit Method والتي تص بان :

$$\begin{aligned}
 &= \frac{\text{الخطأ الكلي في } (\Delta E)}{\text{مجموع الـ } |\Delta E|} \times (|\Delta E|_n \text{ للخط } n) \quad \text{ا) التصحيح إلى } (\Delta E_n) \\
 &= K_3 \times |\Delta E|_n \\
 &= \frac{\text{الخطأ الكلي في } (\Delta N)}{\text{مجموع الـ } |\Delta N|} \times (|\Delta N|_n \text{ للخط } n) \quad \text{ب) التصحيح إلى } (\Delta N_n) \\
 &= K_4 \times |\Delta N|_n
 \end{aligned}$$

لهذه الطريقة المصير أساساً رياضياً ولأن ذلك ليس من شأنه أن يجعلها مختلفة نسبة إلى طريقة باودتش . وعلى الطلبة ملاحظة أنه عند فرض (ΔE) أو (ΔN) يجب أن نفرض كأنها كميات موجبة بإجمعهما ، أي كميات مطلقة $|\Delta E|$ و $|\Delta N|$ ، ولأغراض التفصيل الدقيق يجب اتباع طرق التصحيح الدقيقة ذات الاحتاد الرياضي منسبة على قاعدة أصغر المربعات Least Squares .

مقارنة الطرق Comparison of Methods تؤدي طريقة باودتش إلى تفسير الاتجاهات الزاوية التي يتم تصحيحها أكثر بكثير مما تؤديها طريقة المصير transit وهذه تكن على أقدامها في حالة الخطوط ذات الاتجاه شمال - جنوب و شرق - غرب . كما وأن طريقة المصير تؤدي إلى تفسير المسافات أكثر والتي ربما هي الأكثر مقبولة ومعتولة بالنسبة للأخطاء . مع هذا وبشكل عام فإن طريقة باودتش هي الأكثر شيوعاً .

3-5 تعديل باودتش Bowditch Adjustment (شكل 3-22)

سوف يجري الآن احتساب مغلقة ويجري تعديله لفرض توضيح العمليات المشمولة في الحساب والتعديل . انظر الجدول 3-3 .

على الطلبة ملاحظة النقاط التالية :

(1) لقد تم تفصيل موضوع تعديل وتحويل الزوايا المرصودة إلى الدوائر الكاملة للاتجاهات الزاوية وعلى الطلبة التأكد من ذلك بانفسهم .

جدول 3-3 تعديل باوندش BOWDITCH ADJUSTMENT للحظم العنقي، العنق

الملاحظات	الخصائص الكلية		الخصائص الجزئية			
	E	N	AN		AN	
			+	-	+	-
A	0-0	0-0	155-90	-	القصير + المتوسط	القصير + المتوسط
	0-07	155-08	155-08	0-07	المتوسط + المتوسط	المتوسط + المتوسط
B	0-07	155-08	155-08	0-07	المتوسط + المتوسط	المتوسط + المتوسط
	0-07	155-08	155-08	0-07	المتوسط + المتوسط	المتوسط + المتوسط
C	-172-29	256-69	172-36	101-61	القصير + المتوسط	القصير + المتوسط
	-172-29	256-69	172-36	101-61	المتوسط + المتوسط	المتوسط + المتوسط
D	-421-19	256-82	249-00	-	القصير + المتوسط	القصير + المتوسط
	-421-19	256-82	249-00	-	المتوسط + المتوسط	المتوسط + المتوسط
E	-439-97	67-86	249-90	0-13	القصير + المتوسط	القصير + المتوسط
	-439-97	67-86	249-90	0-13	المتوسط + المتوسط	المتوسط + المتوسط
F	-439-97	67-86	18-87	189-06	القصير + المتوسط	القصير + المتوسط
	-439-97	67-86	18-87	189-06	المتوسط + المتوسط	المتوسط + المتوسط
G	-439-97	67-86	18-87	189-06	القصير + المتوسط	القصير + المتوسط
	-439-97	67-86	18-87	189-06	المتوسط + المتوسط	المتوسط + المتوسط
H	-439-97	67-86	18-87	189-06	القصير + المتوسط	القصير + المتوسط
	-439-97	67-86	18-87	189-06	المتوسط + المتوسط	المتوسط + المتوسط
I	-439-97	67-86	18-87	189-06	القصير + المتوسط	القصير + المتوسط
	-439-97	67-86	18-87	189-06	المتوسط + المتوسط	المتوسط + المتوسط
J	-439-97	67-86	18-87	189-06	القصير + المتوسط	القصير + المتوسط
	-439-97	67-86	18-87	189-06	المتوسط + المتوسط	المتوسط + المتوسط
K	-439-97	67-86	18-87	189-06	القصير + المتوسط	القصير + المتوسط
	-439-97	67-86	18-87	189-06	المتوسط + المتوسط	المتوسط + المتوسط
L	-439-97	67-86	18-87	189-06	القصير + المتوسط	القصير + المتوسط
	-439-97	67-86	18-87	189-06	المتوسط + المتوسط	المتوسط + المتوسط
M	-439-97	67-86	18-87	189-06	القصير + المتوسط	القصير + المتوسط
	-439-97	67-86	18-87	189-06	المتوسط + المتوسط	المتوسط + المتوسط
N	-439-97	67-86	18-87	189-06	القصير + المتوسط	القصير + المتوسط
	-439-97	67-86	18-87	189-06	المتوسط + المتوسط	المتوسط + المتوسط
O	-439-97	67-86	18-87	189-06	القصير + المتوسط	القصير + المتوسط
	-439-97	67-86	18-87	189-06	المتوسط + المتوسط	المتوسط + المتوسط
P	-439-97	67-86	18-87	189-06	القصير + المتوسط	القصير + المتوسط
	-439-97	67-86	18-87	189-06	المتوسط + المتوسط	المتوسط + المتوسط
Q	-439-97	67-86	18-87	189-06	القصير + المتوسط	القصير + المتوسط
	-439-97	67-86	18-87	189-06	المتوسط + المتوسط	المتوسط + المتوسط
R	-439-97	67-86	18-87	189-06	القصير + المتوسط	القصير + المتوسط
	-439-97	67-86	18-87	189-06	المتوسط + المتوسط	المتوسط + المتوسط
S	-439-97	67-86	18-87	189-06	القصير + المتوسط	القصير + المتوسط
	-439-97	67-86	18-87	189-06	المتوسط + المتوسط	المتوسط + المتوسط
T	-439-97	67-86	18-87	189-06	القصير + المتوسط	القصير + المتوسط
	-439-97	67-86	18-87	189-06	المتوسط + المتوسط	المتوسط + المتوسط
U	-439-97	67-86	18-87	189-06	القصير + المتوسط	القصير + المتوسط
	-439-97	67-86	18-87	189-06	المتوسط + المتوسط	المتوسط + المتوسط
V	-439-97	67-86	18-87	189-06	القصير + المتوسط	القصير + المتوسط
	-439-97	67-86	18-87	189-06	المتوسط + المتوسط	المتوسط + المتوسط
W	-439-97	67-86	18-87	189-06	القصير + المتوسط	القصير + المتوسط
	-439-97	67-86	18-87	189-06	المتوسط + المتوسط	المتوسط + المتوسط
X	-439-97	67-86	18-87	189-06	القصير + المتوسط	القصير + المتوسط
	-439-97	67-86	18-87	189-06	المتوسط + المتوسط	المتوسط + المتوسط
Y	-439-97	67-86	18-87	189-06	القصير + المتوسط	القصير + المتوسط
	-439-97	67-86	18-87	189-06	المتوسط + المتوسط	المتوسط + المتوسط
Z	-439-97	67-86	18-87	189-06	القصير + المتوسط	القصير + المتوسط
	-439-97	67-86	18-87	189-06	المتوسط + المتوسط	المتوسط + المتوسط
AA	-439-97	67-86	18-87	189-06	القصير + المتوسط	القصير + المتوسط
	-439-97	67-86	18-87	189-06	المتوسط + المتوسط	المتوسط + المتوسط
AB	-439-97	67-86	18-87	189-06	القصير + المتوسط	القصير + المتوسط
	-439-97	67-86	18-87	189-06	المتوسط + المتوسط	المتوسط + المتوسط
AC	-439-97	67-86	18-87	189-06	القصير + المتوسط	القصير + المتوسط
	-439-97	67-86	18-87	189-06	المتوسط + المتوسط	المتوسط + المتوسط
AD	-439-97	67-86	18-87	189-06	القصير + المتوسط	القصير + المتوسط
	-439-97	67-86	18-87	189-06	المتوسط + المتوسط	المتوسط + المتوسط
AE	-439-97	67-86	18-87	189-06	القصير + المتوسط	القصير + المتوسط
	-439-97	67-86	18-87	189-06	المتوسط + المتوسط	المتوسط + المتوسط
AF	-439-97	67-86	18-87	189-06	القصير + المتوسط	القصير + المتوسط
	-439-97	67-86	18-87	189-06	المتوسط + المتوسط	المتوسط + المتوسط
AG	-439-97	67-86	18-87	189-06	القصير + المتوسط	القصير + المتوسط
	-439-97	67-86	18-87	189-06	المتوسط + المتوسط	المتوسط + المتوسط
AH	-439-97	67-86	18-87	189-06	القصير + المتوسط	القصير + المتوسط
	-439-97	67-86	18-87	189-06	المتوسط + المتوسط	المتوسط + المتوسط
AI	-439-97	67-86	18-87	189-06	القصير + المتوسط	القصير + المتوسط
	-439-97	67-86	18-87	189-06	المتوسط + المتوسط	المتوسط + المتوسط
AJ	-439-97	67-86	18-87	189-06	القصير + المتوسط	القصير + المتوسط
	-439-97	67-86	18-87	189-06	المتوسط + المتوسط	المتوسط + المتوسط
AK	-439-97	67-86	18-87	189-06	القصير + المتوسط	القصير + المتوسط
	-439-97	67-86	18-87	189-06	المتوسط + المتوسط	المتوسط + المتوسط
AL	-439-97	67-86	18-87	189-06	القصير + المتوسط	القصير + المتوسط
	-439-97	67-86	18-87	189-06	المتوسط + المتوسط	المتوسط + المتوسط
AM	-439-97	67-86	18-87	189-06	القصير + المتوسط	القصير + المتوسط
	-439-97	67-86	18-87	189-06	المتوسط + المتوسط	المتوسط + المتوسط
AN	-439-97	67-86	18-87	189-06	القصير + المتوسط	القصير + المتوسط
	-439-97	67-86	18-87	189-06	المتوسط + المتوسط	المتوسط + المتوسط
AO	-439-97	67-86	18-87	189-06	القصير + المتوسط	القصير + المتوسط
	-439-97	67-86	18-87	189-06	المتوسط + المتوسط	المتوسط + المتوسط
AP	-439-97	67-86	18-87	189-06	القصير + المتوسط	القصير + المتوسط
	-439-97	67-86	18-87	189-06	المتوسط + المتوسط	المتوسط + المتوسط
AQ	-439-97	67-86	18-87	189-06	القصير + المتوسط	القصير + المتوسط
	-439-97	67-86	18-87	189-06	المتوسط + المتوسط	المتوسط + المتوسط
AR	-439-97	67-86	18-87	189-06	القصير + المتوسط	القصير + المتوسط
	-439-97	67-86	18-87	189-06	المتوسط + المتوسط	المتوسط + المتوسط
AS	-439-97	67-86	18-87	189-06	القصير + المتوسط	القصير + المتوسط
	-439-97	67-86	18-87	189-06	المتوسط + المتوسط	المتوسط + المتوسط
AT	-439-97	67-86	18-87	189-06	القصير + المتوسط	القصير + المتوسط
	-439-97	67-86	18-87	189-06	المتوسط + المتوسط	المتوسط + المتوسط
AU	-439-97	67-86	18-87	189-06	القصير + المتوسط	القصير + المتوسط
	-439-97	67-86	18-87	189-06	المتوسط + المتوسط	المتوسط + المتوسط
AV	-439-97	67-86	18-87	189-06	القصير + المتوسط	القصير + المتوسط
	-439-97	67-86	18-87	189-06	المتوسط + المتوسط	المتوسط + المتوسط
AW	-439-97	67-86	18-87	189-06	القصير + المتوسط	القصير + المتوسط
	-439-97	67-86	18-87	189-06	المتوسط + المتوسط	المتوسط + المتوسط
AX	-439-97	67-86	18-87	189-06	القصير + المتوسط	القصير + المتوسط
	-439-97	67-86	18-87	189-06	المتوسط + المتوسط	المتوسط + المتوسط
AY	-439-97	67-86	18-87	189-06	القصير + المتوسط	القصير + المتوسط
	-439-97	67-86	18-87	189-06	المتوسط + المتوسط	المتوسط + المتوسط
AZ	-439-97	67-86	18-87	189-06	القصير + المتوسط	القصير + المتوسط
	-439-97	67-86	18-87	189-06	المتوسط + المتوسط	المتوسط + المتوسط
BA	-439-97	67-86	18-87	189-06	القصير + المتوسط	القصير + المتوسط
	-439-97	67-86	18-87	189-06	المتوسط + المتوسط	المتوسط + المتوسط
BB	-439-97	67-86	18-87	189-06	القصير + المتوسط	القصير + المتوسط
	-439-97	67-86	18-87	189-06	المتوسط + المتوسط	المتوسط + المتوسط
BC	-439-97	67-86	18-87	189-06	القصير + المتوسط	القصير + المتوسط
	-439-97	67-86	18-87	189-06	المتوسط + المتوسط	المتوسط + المتوسط
BD	-439-97	67-86	18-87	189-06	القصير + المتوسط	القصير + المتوسط
	-439-97	67-86	18-87	189-06	المتوسط + المتوسط	المتوسط + المتوسط
BE	-439-97	67-86	18-87	189-06	القصير + المتوسط	القصير + المتوسط
	-439-97	67-86	18-87	189-06	المتوسط + المتوسط	المتوسط + المتوسط
BF	-439-97	67-86	18-87	189-06	القصير + المتوسط	القصير + المتوسط
	-439-97	67-86	18-87	189-06	المتوسط + المتوسط	المتوسط + المتوسط
BG	-439-97	67-86	18-87	189-06	القصير + المتوسط	القصير + المتوسط
	-439-97	67-86	18-87	189-06	المتوسط + المتوسط	المتوسط + المتوسط
BH	-439-97	67-86	18-87	189-06	القصير + المتوسط	القصير + المتوسط
	-439-97	67-86	18-87	189-06	المتوسط + المتوسط	المتوسط + المتوسط
BI	-439-97	67-86	18-87	189-06	القصير + المتوسط	القصير + المتوسط
	-439-97	67-86	18-87	189-06	المتوسط + المتوسط	المتوسط + المتوسط
BJ	-439-97	67-86	18-87	189-06	القصير + المتوسط	القصير + المتوسط
	-439-97	67-86	18-87	189-06	المتوسط + المتوسط	المتوسط + المتوسط
BK	-439-97	67-86	18-87	189-06	القصير + المتوسط	القصير + المتوسط
	-439-97	67-86	18-87	189-06	المتوسط + المتوسط	المتوسط + المتوسط
BL	-439-97	67-86	18-87	189-06	القصير + المتوسط	القصير + المتوسط
	-439-97	67-86	18-87	189-06	المتوسط + المتوسط	المتوسط + المتوسط
BM	-439-97	67-86	18-87	189-06	القصير + المتوسط	القصير + المتوسط
	-439-97	67-86	18-87	189-06	المتوسط + المتوسط	المتوسط + المتوسط
BN	-439-97	67-86	18-87	189-06	القصير + المتوسط	القصير + المتوسط
	-439-97	67-86	18-87	189-06	المتوسط + المتوسط	المتوسط + المتوسط
BO	-439-97	67-86	18-87	189-06	القصير + المتوسط	القصير + المتوسط
	-439-97	67-86	18-87	189-06	المتوسط + المتوسط	المتوسط + المتوسط
BP	-439-97	67-86	18-87	189-06	القصير + المتوسط	القصير + المتوسط
	-439-97	67-86	18-87	189-06	المتوسط + المتوسط	المتوسط + المتوسط
BQ	-439-97	67-86	18-87	189-06	القصير + المتوسط	القصير + المتوسط
	-439-97	67-86	18-87	189-06	المتوسط + المتوسط	المتوسط + المتوسط
BR	-439-97	67-86	18-87	189-06	القصير + المتوسط	القصير + المتوسط
	-439-97	67-86	18-87	189-06	المتوسط + المتوسط	المتوسط + المتوسط
BS	-439-97	67-86	18-87	189-06	القصير + المتوسط	القصير + المتوسط
	-439-97	67-86	18-87	189-06	المتوسط + المتوسط	المتوسط + المتوسط
BT	-439-97	67-86	18-87	189-06	القصير + المتوسط	القصير + المتوسط
	-439-97	67-86	18-87	189-06	المتوسط + المتوسط	المتوسط + المتوسط
BU	-439-97	67-86	18-87	189-06	القصير + المتوسط	القصير + المتوسط
	-439-97	67-86	18-87	189-06	المتوسط + المتوسط	المتوسط + المتوسط
BV	-439-97	67-86	18-87	189-06	القصير + المتوسط	القصير + المتوسط
	-439-97	67-86	18-87	189-06	المتوسط + المتوسط	المتوسط + المتوسط
BW	-439-97	67-86	18-87	189-06	القصير + المتوسط	القصير + المتوسط
	-439-97	67-86	18-87	189-06	المتوسط + المتوسط	المتوسط + المتوسط
BX	-439-97	67-86	18-87	189-06	القصير + المتوسط	القصير + المتوسط
	-439-97	67-86	18-87	189-06	المتوسط + المتوسط	المتوسط + المتوسط
BY	-439-97	67-86	18-87	189-06	القصير + المتوسط	القصير + المتوسط
	-439-97	67-86	18-87	189-06	المتوسط + المتوسط	المتوسط + المتوسط
BZ	-439-97	67-86	18-87	189-06	القصير + المتوسط	القصير + المتوسط
	-439-97	67-86	18-87	189-06	المتوسط + المتوسط	المتوسط + المتوسط
CA	-439-97	67-86	18-87	189-06	القصير + المتوسط	القصير + المتوسط
	-439-97	67-86	18-87	189-06	المتوسط + المتوسط	المتوسط + المتوسط
CB	-439-97	67-86	18-87	189-06	القصير + المتوسط	القصير + المتوسط
	-439-97	67-86	18-87	189-06	المتوسط + المتوسط	المتوسط + المتوسط
CC	-439-97	67-86	18-87	189-06	القصير + المتوسط	القصير + المتوسط
	-439-97	67-86	18-87	189-06	المتوسط + المتوسط	المتوسط + المتوسط
CD	-439-97	67-86	18-87	189-06	القصير + المتوسط	القصير + المتوسط
	-439-97	67-86	18-87	189-06	المتوسط + المتوسط	المتوسط + المتوسط
CE	-439-97	67-86	18-87	189-06	القصير + المتوسط	القصير + المتوسط
	-439-97	67-86	18-87	189-06	المتوسط + المتوسط	المتوسط + المتوسط
CF	-439-97	67-86	18-87	189-06	القصير + المتوسط	القصير + المتوسط
	-439-97	67-86	18-87	189-06	المتوسط + المتوسط	المتوسط + المتوسط
CG	-439-97	67-86	18-87	189-06	القصير + المتوسط	القصير + المتوسط
	-439-97	67-86	18-87	189-06	المتوسط + المتوسط	المتوسط + المتوسط
CH	-439-97	67-86	18-87	189-06	القصير + المتوسط	القصير + المتوسط
	-439-97	67-86	18-87	189-06	المتوسط + المتوسط	المتوسط + المتوسط
CI	-439-97	67-86	18-87	189-06	القصير + المتوسط	القصير + المتوسط
	-439-97	67-86	18-87	189-06	المتوسط + المتوسط	المتوسط + المتوسط
CJ	-439-97	67-86				

الزاوية	المركبة الزاوية لاجهته الزوايا	الارتفاعات المتبقية المصححة	الخطوط	الدائرة الكلية للارتفاعات o.c.b.	المجموع
ABC	120-25-50	+10"	120-26-00 AB	0-00-00 (بدون)	155.00
B ^{cD}	149-33-50	+10"	149-34-00 BC	300-26-00	200.00
CDE	95-41-50	+10"	95-42-00 CD	270-00-00	249.00
D ^{E.A}	93-05-50	+10"	93-06-00 DE	185-42-00	190.00
EAB	81-11-50	+10"	81-12-00 EA	90-46-00	445.00
المجموع (20-09'00")	539-59-10 540-00-00	+50"	540-00-00 AB	0-00-00	1239.00

ارتفاع نقطة الشاطئ = $(0.94 - 0.60) \times 1 = 0.34 \text{ m (211' 4")}$
 الخط المستقيم = $0.94 \text{ in } 1239 = 1 \text{ km } 1475$

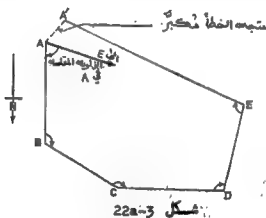
(2) في المبلغ المعلق ، يجب ان يساوي المجموع الجبري للاحداثيات الجبرية صفرا . ومن هذه الحقيقة يمكن ايجاد مقدار الخطأ في الافلاك : (-0.563) و (-0.63) .

(3) اذا كان الخطأ في الافلاك سالبا فان مقدار التصحيح يكون موجبا كما مبين في الجدول رقم 3-3 ، ويوزع بطريقة باوتشي على :

تصحیح ل ΔE	تصحیح ل ΔN
$B = \frac{+0.56}{1239.00} \times 155.00$ $= K_1 \times 155.00 = +0.07$ $C = K_1 \times 200.00 = +0.09$ $D = K_1 \times 240.00 = +0.10$ $E = K_1 \times 190.00 = +0.09$ $A = K_1 \times 445.00 = +0.31$	$= \frac{+0.63}{1239.00} \times 155.00$ $= K_2 \times 155.00 = +0.08$ $= K_2 \times 200.00 = +0.10$ $= K_2 \times 240.00 = +0.13$ $= K_2 \times 190.00 = +0.10$ $= K_2 \times 445.00 = +0.22$
المجموع = +0.56	المجموع = +0.63

(4) عند تطبيق التصحيحات يجب الانتباه الى علامات الكميات .

(5) ان اتجاه الخطأ error vector موضح في الشكل 3-22a، ويستخدم لاحتساب الخطأ المتناسب $\text{proportional error}$ للخطأ، وهذا يكون صوابا مقبولا كونه مرادفا للخطأ.



Link Traverse Adjustment

6-3-3 تعديل مخطط الربط

يبدأ خلع الربط (شكل 3-22b) من محطات معلومة (AB) ويوصل الى محطات معلومة اخرى (CD) بواسطة تكتين المحطات A و B و C و D ذات دقة أعلى والتي تبقى بينهما ثابتة في حسابات لاحقة .
ان طريقة الحساب بالتعديل تصح كالآتي :

(أ) اوجد مجموع الاحداثيات لنقطة C عبر الخطع من نقطة B كنقطة اصل ، فالقارنة مع الاحداثيات المعطاة لـ C ستعطي خطأ لافلاق للاحداثيات (ΔE) و (ΔN) .
(ب) حيث ان الاحداثيات المعطيه هي قيم كليده total values ، وزن الخطأ في الافلاق تراكيبا على المحطات (E.1) الى 0 .

والان ادرس المثال المعطى في جدول 3-3 .

Location of Gross Error

7-3-3 ايجاد موقع الخطأ

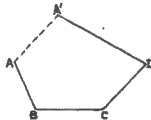
في حالة خطأ واحد كبير او غلطه في اى من الزوايا او المسافات ، يجب ايجاد موقعها واعادة قياسها في الحقل .

خطأ في المسافة

و هذا يحدث في الجزء الذى له نفس الاتجاه الزاوى للمتجه الخطأ error vector .
نعمل سبيل المثال ، في الشكل 3-23 ، من البديهي ان الخطأ المحسوبة في المتجه المخطوء (ΔA) قد وقعت في الخط (CD) ، و هكذا ننقص طول الخط (CD) بمقدار (ΔA) سيؤدى الى اقتراب A من C .

خطأ في الزاوية

يمكن اكتشافه باحتماب قيم الاحداثيات للمحطة مرتين ، مرة ابتداء من الاتجاه المعروف (AB) والتقدم بعكس اتجاه عقرب الساعة عبر الخطع كما في الشكل 3-22 ثم استخدام الاتجاه المعكوس والتقدم باتجاه عقرب الساعة ، فالخطأ حتما ستكون قد حدثت في المحطة التي فيها تغيرها تتوافق قيم الاحداثيات .
هنا تستخدم الزوايا غير الصحيحة في الحسابات ، وبطريقة اخرى يمكن رسم الخطع بكلالاتجاهين لتعيين موقع المحطة الضرويه .



شكل 3-23

لا تكن هذه الاساليب مجديه في حالة وجود اكثر من خطأ واحد فيجب على الطليعه التمييز بين هذه الاخطاء الكبيره (الاغلاط) والاخطاء الاعتياديه الحقيقه التى يتم تجنبها بواسطة التعديل .

3-8 ايجاد المساحات بطريقة الاحداثيات (شكل 3-20) Areas By Co-ordinates

يمكن ايجاد المساحة المحصورة بالضلوع (ABCDa) بطريقة احتساب مساحة المستطيل (a'cDd) ثم طرح منه مساحات المثلثات المحيطة به ... الخ ، وكما يلي :

■ $a'c \times d'd$	■ مساحة المستطيل (a'cDd)
■ $263 \times 173 = 45\,499 \text{ m}^2$	
■ $77 \times 71 = 5\,467 \text{ m}^2$	■ مساحة المستطيل (a'bBa)
■ $71 \times 35.5 = 5\,520.5 \text{ m}^2$	■ مساحة المثلث (AaB)
■ $77 \times 46 = 3\,542 \text{ m}^2$	■ مساحة المثلث (BbC)
■ $173 \times 50 = 8\,650 \text{ m}^2$	■ مساحة المثلث (CcD)
■ $263 \times 12.5 = 3\,287.5 \text{ m}^2$	■ مساحة المثلث (DdA)
<u>23\,467 m²</u>	■ المجموع
$= 45\,499 - 23\,467 = 22\,032$	■ اذن المساحة (ABCDA)
$= 22\,000 \text{ m}^2$	

فيالامكان استخدام القواعد التالية عندما تعطي فقط الاحداثيات الكليه ، وذلك بضرب المجموع الجبري لتضمين كل محطة والتي تضربها بحاصل الطرح الجبري لكل محطة من التي تضربها ، والمساحة تساوي نصف المجموع الجبري لهذه الضربات .

وهكذا من الجدول 3b-3 شكل 3-20 .

جدول 3b-3

المحطات	N	E	مجموع الـ N	الفرق في E	ضرب المساحة	
					+	-
A	0.0	0.0	71	-71		5041
B	71	71	219	-92		20148
C	148	163	123	-100		12300
D	-25	263	-25	263		6575
A	0.0	0.0				-
Σ						44064

المساحة (ABCDa) تساوي 22 032 متر مربع وتساوي تقريبا 22 000 متر مربع . ان القيمة 22 000 هي الاصح اذا اخذنا بنظر الاعتبار عدد المراتب العشرية المشتركة في عملية الحسابات . فهذه القواعد الاخرى هي الاكثر استعمالا ومن السهل تذكرها اذا كتبت بالشكل التالي :

$$\begin{array}{ccccccc}
 & N_A & & N_B & & N_C & & N_D \\
 & \swarrow & & \searrow & & \swarrow & & \searrow \\
 E_D & & E_A & & E_B & & E_C & & E_D & & E_A
 \end{array} \quad \dots (8-3)$$

وهكذا فالمساحة A تساوي :

$$\begin{aligned}
A &= \frac{1}{2} [N_A(E_B - E_D) + N_B(E_C - E_A) + N_C(E_D - E_B) \\
&\quad + N_D(E_A - E_C)] \\
&= \frac{1}{2} [0 + 71(163) + 148(263 - 71) + -25(0 - 163)] \\
&= \frac{1}{2} [11\,573 + 28\,416 + 4075] = 22\,032 \text{ m}^2
\end{aligned}$$

4-3 تقسيم الأرض

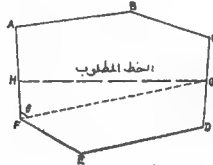
=====

بالإمكان إجراء هذه المهمة من قبل المهندس عند تقسيم الأرض لمساحات مباني واسعة، وحيث أن الموضوع ليس هو من الاسئلة الامتحانية المتكررة فسوف يجري شرحه فقط بإيجاز .

3-1 افراز مساحة معينة بواسطة خط يمر من نقطة معلومة

=====

رجعوا الى الشكل 3-24 المطلوب ايجاد الطول والاتجاه الزاوي للخط (GH) الذي يقسم المساحة (ABCDEFA) الى القيم المفروضة .



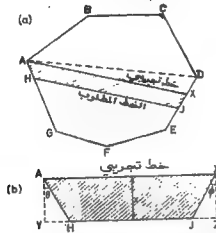
شكل 3-24

الطريقة

- احسب المساحة الكلية (ABCDEFA) .
- من النقطة المعطوية G ارسم الخط (GH) بحيث يقسم المساحة الى الاجزاء المطلوبة تقريبا .
- ارسم خطا من G الى اقرب نقطة من H و F .
- من احداثيات G و F احسب الطول والاتجاه الزاوي للخط .
- اوجد مساحة (GDEF) ، فبطرف هذه المساحة من المساحة المطلوبة نحصل على مساحة المنطق (GFH) .
- والان المساحة (GFH)¹ = $\frac{1}{2} HF \cdot FG \cdot \sin \theta$ والساكنه (FG) معروفة من (d) اهلاء والزاويه θ هي الفرق بين الاتجاهين الزاويين المعروفين (FA) و (FG) وبذلك يكون بالإمكان احتساب طول (HF) .
- حيث ان الاتجاه الزاوي (FGH) يساوى الاتجاه الزاوي لـ (FA) وهو معلوم ، فعليه يكون بالإمكان ايجاد احداثيات H .
- ومن احداثيات G و H يحسب الطول والاتجاه الزاوي لـ (GH) .

3-2 افراز مساحة معينة بخط ذو اتجاه معلوم

رجعوا الى الشكل 3-25 هـ المطلوب تمثيل موقع الخط (HJ) ذو الاتجاه الراوى المعلم والذي يقسم الساحه (ABCDEFGA) الى الاجزاء المطلوبه .



شكل 3-25

الطريقة

(a) ارسم خطا تجريبييا بالاتجاه الراوى المفروض من اية معطى بحيث انه تقريبا يقطع الساحه المطلوبه هـ تل (AX).

(b) يحتمسب طول (AD) واتجاهه الزاوى من احدثائيات الخلع .

(c) في المثلث (ADX) المعلم فيه طول واتجاه (AD) الزاوى هـ كذلك معلم الاتجاه الزاوى لـ (DX) وهو يساوى اتجاه (DE) هـ وهكذا بالامكان احتساب الفلانة زوايا وبالتالي ايجاد مساحة المثلث .

(d) من الاحدثائيات اوجد مساحة (ABCD) وهكذا تعرف المساحة الكليه (ABCDA) .

(e) الفرق بين المساحة اعلاه والمساحة المطلوب افرازها هي المساحة المطلوب جميعها او طرحها

بواسطة خط موازى الى الخط التجريبي (AX) هـ واغفران هذه هي شبه المنحرف (AXJHA)

الذى مساحته معلومه مع الاتجاه الراوى وطول ضلع واحد هو (AX) والاتجاهات الزاويه لبقية الاض

(f) بالرجوع الى الشكل 3-25 هـ وحيث ان الاتجاه الراوى لكافة الاضلاع معلم فان الزاويتين θ و ϕ

تكونان معلومتان هـ ومنها ينتج هـ $YH = x \tan \theta$, $JZ = x \tan \phi$ والان المساحة (AXJHA) تساوى :

$$= ((\text{مساحة المثلث (AHY)}) + (\text{مساحة المثلث (XZJ)}) - (\text{مساحة المستطيل (AXZYA)})$$

$$= AX \cdot x - \left(\left(\frac{x}{2} \times x \tan \theta \right) + \left(\frac{x}{2} \times x \tan \phi \right) \right)$$

$$= AX \cdot x - \left(\left(\frac{x^2}{2} \right) \times (\tan \theta + \tan \phi) \right)$$

ومن هذه المعادله يمكن ايجاد قيمة x .

(g) ومن معرفة x يصبح بالامكان احتساب المسافات (AH) و (XJ) بسهولة واستخدامها في تعيين

موقع الخط المطلوب (HJ) .

ال 1 ، يعطي الجدول التالي لحدائيات الضلع (ABCDEFA) :

الضلع	$\Delta N (m)$	$\Delta E (m)$
AB	-138.26	- 76.35
BC	- 67.91	145.12
CD	109.82	20.97
DE	31.73	187.06
EF	77.36	-162.73
FA	- 25.24	- 87.14

يضح من هذه القيم بان خطأ مقداره 30 م قد وقع ، ولغالب الظن انه حدث في احد الضلعين (B) او (EF) . بسبب الاسباب لهذين الرأيين .
 غدت قراءات ابعاد (تاكيميترية) من A الى مسطرة مسلحة شاقوليته في D . فكانت زاوية المنظار 24° تحت الافق وسجلت قراءات الستيديا 1.737 و 2.530 و 3.322 . استخدم هذه القراءات لتقرر اي ضلع يجب قياسه مرة ثانية . ايضا جد الفرق بالمنسوب بين المحطتين A و D اذا كان ارتفاع الجهاز 1.463 م فوق مستوى المحطة في A . (جامعة لندن)

الحل :
 ١- بجمع الاحداثيات اعلاه يظهر خطأ قيمته (12.5) بتحويل (26.93) بشرق .
 متجه الخطأ يساوي :
 $= 30m = (12.5^2 + 26.93^2)^{1/2}$
 هكذا بتفحص الاحداثيات اعلاه يتبين بان احد الخططين (BC) او (EF) هو مصدر الخطأ المحتمل لوحيد .

الاتجاه الزاوي لمتجه الخطأ يساوي :
 $\approx 2/1 = \tan^{-1}(26.9/12.5)$
 الاتجاه الزاوي للخط (BC) يساوي :
 $\approx 2/1 = \tan^{-1}(145.12/67.91)$
 الاتجاه الزاوي للخط (EF) يساوي :
 $\approx 2/1 = \tan^{-1}(162.73/77.36)$

هكذا فان الخطأ يمكن ان يكون في اي من الخططين لان كلا الخططين موازيان لمتجه الخطأ ، فيجب ان الاستداده من معلومات الابعاد (العمليات التاكيميترية) كما يلي لفرض ان الخط موضع البحث :
 لمسافة (AD) :
 $= 100 \cdot s \cdot \cos^2 24^\circ$

$$= 100 \times 1.585 \cos^2 24^\circ = 132.3 m.$$

المساوي (AD) من الاحداثيات تساوي :
 $= 131.7 m = (96.35^2 + 89.74^2)^{1/2}$

عليه فان الخطأ البالغ 30 م لا يمكن ان يكون في الخط (BC) ويجب ان يكون في (EF) .
 وعدد تعمين الاحداثيات يتضح بان (EF) يجب ان يزيد بمقدار 30 م .

الارتفاع الشاقولي تاكيميترية يساوي :
 $= 132.3 \tan 24^\circ = 58.90 m.$

اذن الفرق بالمنسوب بين A و D يساوي :
 $= 1.463 - 58.90 - 2.530$
 $= 59.97 m.$

مثال 2 : اجزعت اتصال مسج من نقطة A أسفل مهواة shaft على طول نفق الى أسفل مهواة اخرى عند E .

الملاحظات	المسافة المقاسة (أمتار)	ن. ع. د.	النفق
AB	150.00	70 30 00	
BC	200.50	0 00 00	
CD	250.00	154 12 00	
DE	400.56	90 00 00	

فإذا اريد ربط المهواتين بنفق مستقيم واحسب الاتجاه الزاوي A الى E ، والميل grade .
فإذا ثبتت المزاوة في A ورصدت النقطة B ، ما هي قيمة الزاوية باتجاه مقرب الساحة التي يجب ان تدار المزاوة لتثبيت خط مسار النفق الجديد .

الحل :

$$\begin{aligned}
 & \text{المسافة الانقيطية (AB) تساوي :} \\
 & = (150 / (101)^{\frac{1}{2}}) \times 10 = 149.25 \text{ m.} \\
 & = 150 \div (101)^{\frac{1}{2}} = 14.92 \text{ m.} \\
 & \text{الارتفاع من A الى B يساوي :} \\
 & = (400.56 / (901)^{\frac{1}{2}}) = 13.34 \text{ m.} \\
 & \text{الانخفاض من D الى E يساوي :} \\
 & = (400.56 / (901)^{\frac{1}{2}}) \times 30 = 400.34 \text{ m.} \\
 & \text{المسافة الانقيطية (DE) تساوي :} \\
 & \text{اذن يرتفع النفق من A الى E بمقدار :} \\
 & = 14.92 - 13.34 = 1.58 \text{ m.}
 \end{aligned}$$

الاحداثيات الجزيئية (ΔE, ΔN)	Δ	Δ	A
149.25 sin 70° 30' 00"	140.89	49.82	B
200.50 due N	0	200.50	C
258.00 sin 154° 12' 00"	103.41	-215.08	D
400.34 due E	400.34	0	E
احداثيات E الكلية	649.84	25.24	

$$\begin{aligned}
 & \text{اذن اتجاه (AE) الزاوي :} \\
 & = \tan^{-1} (+649.84 / +25.24) = 87^{\circ} 47' \\
 & \text{وعليه فالطول يساوي :} \\
 & = 649.84 / \sin 87^{\circ} 47' = 652.33 \text{ m.} \\
 & \text{الميل يساوي 1.58 الى 652.33 وهذا يساوي 1 الى 413 .}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & \text{والزاوية التي يجب ان تدار تساوي :} \\
 & = \hat{BAE} = (87^{\circ} 47' - 70^{\circ} 30') \\
 & = 17^{\circ} 17' 00"
 \end{aligned}$$

حل المثلث (BFC) للحصول على المعلومات المطلوبة :

اتجاهات الاضلاع الثلاثة للمثلث معلومة ، ومنها يمكن الحصول على قيم الزوايا التالية :

$$\begin{aligned} FBC &= 23^{\circ} 41' 12'' \\ BCF &= 86^{\circ} 12' 00'' \\ CFB &= 70^{\circ} 06' 48'' \\ \hline &180^{\circ} 00' 00'' \\ &(\text{يُحقق}) \end{aligned}$$

بواسطة قانون الجيوب :

$$FC = \frac{BF \sin FBC}{\sin BCF} = \frac{787.42 \sin 23^{\circ} 41' 12''}{\sin 86^{\circ} 12' 00''} = 317.03 \text{ m.} \quad \dots (a)$$

$$BC = \frac{BF \sin CFB}{\sin BCF} = \frac{787.42 \sin 70^{\circ} 06' 48''}{\sin 86^{\circ} 12' 00''} = 742.10 \text{ m.} \quad \dots (c)$$

$$360^{\circ} - \hat{BCF} = 273^{\circ} 48' 00'' \quad \dots (b)$$

مثال 4 : يبين الجدول التالي تفاصيل من الضلع (ABCDEFA) . عدل الضلع بطريقة باودتش ، واوجد إحداثيات المحطات نسبة إلى A (0,0) . ما هو طول والاتجاه الزاوي للخط (BE) ؟

الخط	الطول (متر)	الزاوية	ΔN (m)	ΔE (m)
AB	560.5		-560.5	0
BC	901.5		-424.3	795.4
CD	557.0		501.2	-243.0
DE	639.8		412.9	488.7
EF	679.5	$293^{\circ} 59'$		
FA	467.2	$244^{\circ} 42'$		

(جامعة لندن)

الحل : اكمل جدول الاحداثيات اعلاه

	ΔE	ΔN
$679.5 \sin 293^{\circ} 59'$	-620.8	+276.2
$467.2 \sin 244^{\circ} 42'$	-422.4	-199.7

والآن بمراجعة الجدول 4- يجرى احتساب تصحيحات باودتش كما يلي :

المحطة	ΔN	ΔE
	$\frac{-5.8}{3805.5} \times 560.5$: معطية	$\frac{2.1}{3805.5} \times 560.5$: معطية
B	$K_1 \times 560.5 = -0.8$	$K_2 \times 560.5 = 0.3$
C	$K_1 \times 901.5 = -1.4$	$K_2 \times 901.5 = 0.5$
D	$K_1 \times 557.0 = -0.9$	$K_2 \times 557.0 = 0.3$
E	$K_1 \times 639.8 = -1.0$	$K_2 \times 639.8 = 0.3$
F	$K_1 \times 679.5 = -1.0$	$K_2 \times 679.5 = 0.4$
A	$K_1 \times 467.2 = -0.7$	$K_2 \times 467.2 = 0.3$
	المجموع = -5.8	المجموع = 2.1

الآن نغلق التصحيحات اعلاه جبراً الى الاحداثيات الجبرية .

ولفرض إيجاد الطول والاتجاه الزاوي ل (BE) :

$$\Delta N = 486.5 \text{ m} \quad \Delta E = 1042.2 \text{ m}$$

$$= \tan^{-1}(1042.2/486.2) = 64^\circ 59' \quad \text{: ذن الاتجاه الزاوي ل (BE) يساوي}$$

$$= 1042.2 / \sin 64^\circ 59' \quad \text{: ل طول (BE) يساوي}$$

$$= 1150.10 \text{ m}$$

جدول 4-3

المحطات	الانحراف m	ΔN m	ΔE m	مصححة ΔN	مصححة ΔE	N	E
A						0.0	0.0
B	560.5	-560.5	0	-561.3	0.3	-561.3	0.3
C	901.5	-424.3	795.4	-425.7	795.9	-987.0	796.2
D	557.0	501.2	-243.0	500.3	-242.7	-486.7	553.5
E	639.8	412.9	488.7	411.9	489.0	-74.8	1042.5
F	679.5	276.2	-620.8	275.2	-620.4	200.4	422.1
A	467.2	-199.7	-422.4	-200.4	-422.1	0.0 يحتق	0.0 يحتق
المجموع	3805.5	5.8	-2.1	0.0	0.0		
تصحيح الاحداثيات		-5.8	2.1				

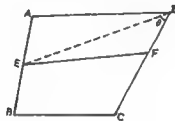
مسألة 5: في الشكل الرباعي (ABCD) ، احداثيات النقاط بالامتار هي كالآتي :

النقطة	E	N
A	0	0
B	0	-893.8
C	634.8	-728.8
D	1068.4	699.3

أوجد مساحة الشكل بطريقة الحسابات .

إذا كانت E هي منتصف (AB)، أوجد بطريقة الرسم أو بطريقة الحسابات احداثيات النقطة F التي تقع على الخط (CD) بحيث أن المساحة (AEFD) تماثل المساحة (EBCF) . (جامعة لندن)

الحل : الاحداثيات المبينة اعلاه هي احداثيات كليه ، ولطيه يستخدم القانون الخامس ، فكل 3-27.



شكل 3-27

النقطة	N	E	مجموع الـ N	الفرق في E	ضعف المساحة	
					+	-
A	0	0	-893.8	0		
B	-893.8	0	-1622.6	-634.8	1030.026	
C	-728.8	634.8	-29.5	-433.6	12.791	
D	699.3	1068.4	699.3	1068.4	747.132	
A	0	0				
Σ					1789.949	
					894.974 m ²	

ويحدد الرقم اعلاه ليصبح 895 000 متر مربع .

لأجل إيجاد احداثيات النقطة F بطريقة الحسابات :

من الهندسة التحليلية ، يسهل اثبات ان احداثيات E هي معدل احداثيات A و B ، وبطريقة الاحداثيات كما في اعلاه ، تعتصب مساحة المثلث (AED) :

النقطة	N	E	مجموع الـ N	الفرق في E	ضعف المساحة	
					+	-
A	0	0	-446.9	0		
E	-446.9	0	252.4	-1068.4		269.700
D	699.3	1068.4	699.3	1068.4	747.100	
Σ					477.400	
					238.700 m ²	

$$= \frac{895\,000}{2} - 238\,700 = 208\,800 \text{ m}^2 \quad \text{اذن مساحة المثلث (EDF) :}$$

من الاحداثيات :

$$= \tan^{-1}(+1\,068.4/+1\,146.2) = 42^\circ 59' \quad \text{الاتجاه الزاوي ل (ED) يساوي :}$$

$$= 1\,146.2 \cos 42^\circ 59' = 1\,567.00 \text{ m.} \quad \text{طول (ED) يساوي :}$$

$$= \tan^{-1}(-433.6/-1\,428.1) = 196^\circ 54' \quad \text{الاتجاه الزاوي ل (DC) يساوي :}$$

$$= 42^\circ 59' - 16^\circ 54' = 26^\circ 05' \quad \text{الزاوية تساوي :}$$

$$= \frac{1}{2} DE \times DF \sin \theta \quad \text{والان مساحة المثلث (EDF) تساوي :}$$

$$= 208\,800 \text{ m}^2 \quad \text{الزاوية (DF) يساوي :}$$

$$= 208\,800 / (0.5 \times 1\,567 \times \sin 26^\circ 05')$$

$$= 606 \text{ m.}$$

وهكذا فالاحداثيات الجبريية ل F بالنسبة ل D هي :

$$606 \frac{\sin 196^\circ 54'}{\cos} = -176.2 (\Delta E) , -579.9 (\Delta N)$$

اذن مجموع احداثيات F هي E 892.2 تشرق و N 119.4 تشميل .

تساير

(1) قيمت زوايا اضلاع المثلث المغلق (ABCDEFA) ، وبعد تعديل الزوايا تم تحضير لوحة الضلع المبينة في ادناه :

الضلع	الطول m	w. c. h.	الاتجاه الزاوي	ΔN (m)	ΔE (m)
AB	355.52	58° 30' 00"	N 58° 30' 00" E	185.75	303.13
BC	476.65	185° 12' 30"	S 84° 47' 30" W	-43.27	-474.70
CD	809.08	259° 32' 40"	S 79° 32' 40" W	-146.82	-795.68
DE	671.18	344° 35' 40"	N 15° 24' 20" W	178.30	-647.08
EF	502.20	92° 30' 30"	S 87° 30' 30" E	-21.83	501.72
FA	287.25	131° 22' 00"	S 48° 38' 00" E	-189.84	215.58

سند تدقيق اللوحة يتبين بوضوح بانها تحتوي على اخطاء ، فذل اللوحة حيثما تراء ضروريا ه
 حدها صحح التشميل والتشرق بطريقة باودتشر ثم اوجد الاحداثيات لكافة المحطات . فلما بان احداثيات
 A هي 1 070.00 N و 235.50 W (جمعية المهندسين المدنيين البريطانيين)
 (الجواب : الاخطاء : الاتجاه الزاوي ل (BC) هو (S 5° 12' 30" W) ، ولطوفان (ΔN)(ΔE) تتبادلان ،
 (ΔN)(ΔE) ل (DE) تتبادلان . الاتجاه الزاوي ل (EF) هو (S 87° 29' 30" E) مطبعا (ΔN) جديدة
 مقدارها (-21.97m) . احداثيات (B) 1255.81N و 67.27 E و 781.19 N (C) و 23.51 E
 (450.78W و 1259.80N (F) 951.99W و 1281.69N (E) 773.00 W و 634.50 N (D)

(2) في الضلع (ABCDEFG) ، جعل الخط (BA) كانه خط الطول المرجعي reference meridian
كما وان احدائيات الاضلاع (AB) و (BC) و (CD) و (DE) و (EF) هي :

الخط	AB	BC	CD	DE	EF
AN	-1190.0	-566.3	590.5	606.9	1017.2
AE	0	796.4	796.8	-468.0	370.4

فاذا كان الاتجاه الزاوي لـ (FG) هو $248^{\circ}13'$ وطوله 896.0 م . اوجد الطول والاتجاه
الزاوي لـ (GA) .
(الجواب : 947.8 م ، $216^{\circ}45'$)

(3) عند مسح الضلع المغلق (ABCDEA) ، وجدت القياسات التالية :

الخط	EA	AB	BC
الطول (m)	793.7	1512.1	863.7
الزاوية المحصورة	DEA	EAB	ABC
	$93^{\circ}14'$	$112^{\circ}36'$	$131^{\circ}42'$
			$95^{\circ}43'$

لم يكن بالإمكان اغفال المحطة D ولكن بالإمكان مشاهدتها من C و E ، احسب الزاوية (CDE)
والطولين (CD) و (DE) . بجعل (DE) مرجعا لك ، وبفرض ان كافة الرصدات كانت صحيحة .
(جامعة لندن)

(الجواب : زاوية (CDE) تساوي $96^{\circ}45'$ ، طول (DE) يساوي 1847.8 ، طول (CD) يساوي 1502.0)

(4) تم انشاء ضلع مفتوح من A الى E لغرض ايجاد طول واتجاه الخط (AE) الذي لم يكن
بالإمكان قياسه مباشرة ، وقد تم الحصول على النتائج التالية :

الخط	AB	BC	CD	DE
الطول (m)	1025	1087	925	1250
الزاوية المقاسة للاتجاه	$261^{\circ}41'$	$09^{\circ}06'$	$282^{\circ}22'$	$71^{\circ}31'$

اوجد المعلومات المطلوبة بواسطة الحسابات . (جامعة لندن)
(الجواب : 1620 ، $339^{\circ}46'$)

(5) تم مسح الضلع (ACDB) بمزواة وحلقة ، وقد كانت الاطوال والاتجاهات الزاوية كما هو مثبت في

ادناه . فاذا كانت احدائيات A هي ($x=0$ ، $y=0$) ، واحدائيات B هي ($x=0$ ، $y=897.05$) .
معل الضلع واوجد احدائيات C و D . لاحظ بان احدائيات A و B يجب ان لا تتغير . (جامعة لندن)

الخط	AC	CD	DB
الطول (m)	480.6	292.0	448.1
الزاوية المقاسة للاتجاه	$25^{\circ}19'$	$37^{\circ}53'$	$301^{\circ}00'$

(الجواب : الاغطة باحدائيات ($x=0.71$ ، $y=1.41$) ، (C) ، ($x=205.2$ ، $y=434.9$)

(D) ($x=179.1$ ، $y=230.8$)

القياس البصري للمسافة

في القياس البصري للمسافة ، هنالك طريقتان اساسيتان متبعتان :

- (a) باستخدام وضع زاوى parallax angle ثابت وحصر مسطره staff intercept متغير .
- (b) باستخدام حصر مسطره ثابت ووضع زاوى متغير .

في كلتا الحالتين يمكن منك المسطره شاقوليا او افقيا ، وتسمى القياسات البصريه للمسافه في المملكه المتحده عموما ، تاكيومتري Tacheometry .

1-4 مسح الابعاد بواسطة مسطره شاقوليه Vertical Staff Tacheometry

ان اساس هذا النوع من مسح الابعاد tacheometry والذي يبقى فيه الوضع الزاوى (24) ثابت وحصر المسطره s متغير بتغير المسافه D موضح في الشكل 1-4 .
يتحدد الوضع الزاوى بموقع شعرتي المتديا c و o (شعرتا المتديا : هما شعرتا قياس المسافه في ميدان النظر diaphragm للجهاز) على كل من جانبي الضمرة الوسطيه المتقاطعه b .

من تشابه المثلثات : $AB/CE = Ab/ce$

اجعل (ce) تساوى 1 ، وعليه :

$$D = (f/i) \cdot S = K_1 \cdot S \quad (1-4) \dots$$

يتم تركيب 1 و 2 في المناظير الحديثه بحيث ان K_1 تساوى 100 والمعادله (1-4) هي مبدئيا صحيحه للتصديقات الانقيه الماخوذه باى جهاز حديث . وسوف يجرى الان فحص الجهاز بتفصيل اكثر : في الشكل 1-4 2 هي البعد البؤري لمجموعه العدسه الشبكيه و d هي المسافه بين العدسه الشبكيه ومركز الجهاز و (ce) هو مدى المتديا و D هي المسافه بين مسطره الساعه ومركز الجهاز .
وطليه بطريقه المثلثات المتشابهه : $Bp/CE = Op/o'e$ ،

$$\therefore Bp = S \cdot (f/i)$$

والان : $D = Bp + (f + d) = S (f/i) + (f + d)$

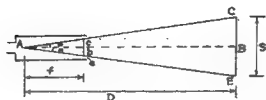
نسمى القيمه (f + d) ثابت الاضافه K_2 additive constant و (f/i) ثابت الضرب K_1 Multiplying constant ، لذا فهالنسبة للتصديقات الانقيه :

$$D = K_1 \cdot S + K_2 \quad (2-4) \dots$$

فلو اقتصر قياس الابعاد على التصديقات الانقيه لكانت تطبيقاته محدوده جدا ، وعليه سيجرى الان استنتاج القانون العام . والشكل 1-3 يوضح تصديدا مائلا .

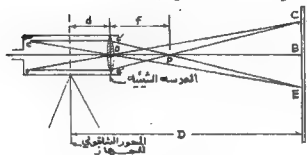
بواسطة قانون الجيوب في المثلث (PCB) :

$$\frac{x_1}{\sin \alpha} = \frac{y \cot \alpha}{\sin(90^\circ - (\theta + \alpha))} = \frac{y \cot \alpha}{\cos(\theta + \alpha)}$$

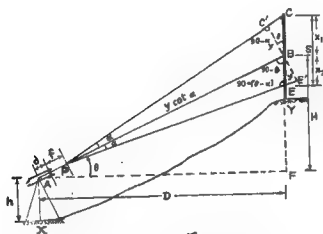


شكل 1-4

المسطرة



شكل 2-4



شكل 3-4

وبالضرب المتقاطع : $x_1 \cos(\theta + \alpha) = y \cot \alpha \sin \alpha = \frac{y \cos \alpha \sin \alpha}{\sin \alpha} = y \cos \alpha$ من ذلك ينتج :

$$y = x_1 \cos \theta - x_1 \sin \theta \tan \alpha$$

... (a)

$$\frac{x_2}{\sin \alpha} = \frac{y \cot \alpha}{\sin(90^\circ + (\theta - \alpha))} = \frac{y \cot \alpha}{\cos(\theta - \alpha)}$$

$$x_2 \cos(\theta - \alpha) = y \cot \alpha \sin \alpha = y \cos \alpha$$

$$\therefore y = x_2 \cos \theta + x_2 \sin \theta \tan \alpha$$

(b)

$$2y = (x_1 + x_2) \cos \theta - (x_1 - x_2) \sin \theta \tan \alpha \quad \dots (c)$$

ان اطي قوس $\sin \theta$ ستكون $(\theta=45^\circ) 0.707$ والنسبة ل $\tan \alpha$ فهي $(\alpha=1/200) 0.005$ ،
 بينما بالنسبة لاطب الاحمال في التطبيقات العملية تكون: $(x_1 \approx x_2)$ ، لذا فالحد الثاني يمكن
 اهماله للجميع ما عدا اكثرهم اعدادا .

$AB = K_1 (C'E') + K_2 = K_1 \cdot S \cdot \cos \theta + K_2$... (3-4) والآن من الشكل
 $\therefore AF = D = AB \cdot \cos \theta = K_1 \cdot S \cdot \cos^2 \theta + K_2 \cos \theta$... (a) وبنى الطريق
 $FB = H = AB \cdot \sin \theta = K_1 \cdot S \cdot \cos \theta \sin \theta + K_2 \sin \theta$... (e) وبشكل آخر
 $H = D \cdot \tan \theta$... (f)

في سنة 1823 تم تركيب عدسة تحليلية في المنظار والتي جعلت ان يصير كافة القراءات في مركز المنظار . وبذلك الفت ثابت الاضافه x_2 . ان كافة العناظر العديده ذات البؤره الداخلي internal focusing ولو انها ليست تحليلية بالمعنى الدقيق، ولكن يمكن اعتبارها هكذا .
الذين يصمم المعادلتين (d) و (e) $x(e)$

$D = K_1 \sin^2 \theta$... (g)
 $H = K_1 \sin \theta \cos \theta$... (h)
 $\cos \theta \sin \theta = \frac{1}{2} \sin 2\theta$...
 $\therefore H = \frac{1}{2} \cdot K_1 \sin 2\theta$...
 $D = 100 \sin^2 \theta$... (3-4)
 $H = 50 \sin 2\theta$... (4-4)

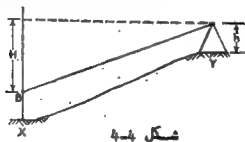
بالرجوع إلى الشكل 3-4، ينتج بأنه إذا عرف منصوب X فان منصوب Y يساوي :

$$(5-4) \quad \dots = (X \text{ منصوب}) + h + H = BX$$

ولو كان التسديد من Y إلى X فتعطى بسيط سيند، وكما في الشكل 3-4، في اثباتان :

$$(6-4) \quad \dots = BX = (Y \text{ منصوب}) + h - H = (X \text{ منصوب})$$

حيث h هو ارتفاع الجهاز و (BX) هي قراءة منتصف سطره الصالح .



ليس على الطالب تذكر المعادلتين (4-5) و (4-6)، وإنما يعتمد، في حالة وجود شك، على مخطط سريع. لاحظ بان H دائما هي الارتفاع الشاقولي من مركز المعر الأفقي إلى قرأ منتصف السطره.

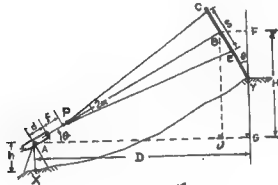
1-4 مسح الابعاد بالمسطره مائله Inclined Staff Tacheometry

باستخدام نفس المعدات، تجهز المسطره بتركيب صغير للنظر، ليكن مسكها بوضع عمودي على خط النظر، انظر الشكل 5-4 :

$$\begin{aligned} AB &= K_1 S + K_2, \quad JG = BY \sin \theta \\ \therefore D &= AJ + JG = AB \cos \theta + BY \sin \theta \\ &= K_1 S \cos \theta + K_2 \cos \theta + BY \sin \theta \end{aligned}$$

سيكون مقدار زاوية الانخفاض $(BY \sin \theta)$ سالبا، عندما لا يوجد ثابت الاضافه و $(K_1=100)$ ، يصبح المقدار :

$$\begin{aligned} D &= 100 S \cos \theta \pm BY \sin \theta \quad \dots (7-4) \\ H &= AB \sin \theta = K_1 S \sin \theta + K_2 \sin \theta \quad \text{وبنفس الطريقه :} \\ &\quad \text{وعندما } (K_1=100) \text{ و } (K_2=0) : \\ H &= 100 S \sin \theta \quad \dots (8-4) \end{aligned}$$



شكل 5-4

2-1 قياس ثوابت مسح الابعاد Measurement of Tacheometric Constants

ثبت الجهاز على ارض مستويه تقريبها مسددا الى سلمه من الاوتاد مثبتة على مسافات معلومه D من الجهاز. والان باستخدام المعادله : $(D = K_1 S + K_2)$ وبتمويض القيم بالنسبة لـ D و S ، يصبح بالامكان حل المعادلات :

- (a) آنيليتال simultaneous بشكل ازواج و يؤخذ المعدل
- (b) كسكل بطريقة اصغر المربعات Least Squares

مسئلا :

الصفحة المقاسة بالامتار	30	60	90	120	150	(قيم D)
حجم المسطرة بالامتار	0.301	0.600	0.899	1.202	1.501	(قيم S)

والتي منها $(K_2=0)$ و $(K_1=100)$ بأى من الطريقتين اعلاه .

Errors in Staff Holding

3-1-4 الخطأ في مسك المسطرة

(1) أخذ أولا حالة المسطرة الشاقولية والتي معادلتها الاساحيه هي : $D = K_1 S \cos^2 \theta$
 ويميز عن هذه المعادله بشكل افضل : $D = K_1 S \cos \theta_1 \cos \theta_2$

حيث ان θ هي زاوية الميل (BAF) في الشكل 3-4 . و θ_2 هي الزاوية (C'BC) والتي في حالة وجود خطأ في شاقولية المسطره مقدار $(\delta \theta_2)$ يكون لها نفس المقدار من الخطأ .

وطبقه باستخدام نفس الطريقه لاعتباره المعالجه الاخطاء الصغيره يقابل المقدار اعلاه بالنسبه الى θ_2 معطيا :

$$\delta D = - K_1 S \cos \theta_1 \sin \theta_2 \cdot \delta \theta_2$$

$$\therefore \frac{\delta D}{D} = \frac{- K_1 S \cos \theta_1 \sin \theta_2 \cdot \delta \theta_2}{K_1 S \cos \theta_1 \cos \theta_2} = - \tan \theta_2 \cdot \delta \theta_2 \dots (9-4)$$

باستخدام المعادله اعلاه يمكن المجي* بالجدول التالى بفرض ان θ_2 تساوى تقريبا θ وتساوى زاوية الميل وتساوى θ :

جدول 1-4

θ	$\delta \theta_2 = 10'$	$\delta \theta_2 = 1^\circ$	$\delta \theta_2 = 2^\circ$
3°	1/6670	1/1090	1/550
5°	1/4000	1/650	1/330
10°	1/1960	1/325	1/160
15°	1/1280	1/215	1/110
20°	1/940	1/160	1/80
25°	1/740	1/120	1/60
30°	1/600	1/100	1/50

للمعالجات الاكثر تفصيلا ، يجب على الطلاب الرجوع الى كتاب " تاكليرى Tacheometry "

للكاتب ريموند . ولكن جدول 1-4 بالتاكيد يوضح النقاط التاليه :
 الممرد 1 (الثاني من جهة اليسار) يبين انه لو مسكت المسطره شاقوليا قدر الأمكان فان هذا المصدر من الخطأ يمكن اهماله .

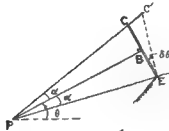
الممرد 2 يبين بان الدقه تقل بمروره بازدياد زاوية الميل .

الممرد 3 يشير الى انه حينما تستخدم المسطره باهمال فان الدقه تقل بمروره حتى لو طوي ارض مستويه . فمن هذا يتضح بانه يجب ان تثبت نقطه لكافة ساطر قياس الابعاد وان تكون النقاطات هذه تحت الفحص المستمر .

(2) نأخذ الآن حالة المسطرة المائلة والتي معادلتها الاساسيه :

$$D = K_1 S \cos \theta$$

اى خطأ في مسك المسطرة عمودية على خط التصديد سوف يسبب زيادة في القصر على المسطرة من S الى $(S \cdot \sec \delta \theta)$ كما موضح في الشكل 6-4 .



شكل 6-4

في المثلث (CC'E) وحيث α صغيره ، فإن الزاويه (C'CE) تساوى 90° تقريبا .

$$\begin{aligned} C'E &= CE \sec \delta \theta = S \sec \delta \theta \\ D_0 &= K_1 S \sec \delta \theta \cos \theta \\ \delta D &= D_0 - D \end{aligned}$$

اذن فالساقه الانقيه الخطأ D_0 تساوى δD .
وهكذا فالخطأ بالمسافه مقداره δD يساوى :

$$= K_1 \cos \theta \cdot S (\sec \delta \theta - 1)$$

$$\frac{\delta D}{D} = \sec \delta \theta - 1$$

الذي ($\delta D/D$) تساوى :

وباستخدام المعادله اعلاه يمكن تنظيم الجدول التالي والذي يبين بان :

جدول 2-4

$\delta \theta$	$\delta D/D$
10°	1/238100
1°	1/6560
2°	1/1650
3°	1/730

(a) الخطأ الناتج عن المسك غير الصحيح للمسطره لا يعتمد بشئاً على زاوية الميل .

(b) حتى ان الاخطاء الاجماليه gross errors التي مقدارها 2° يمكن اعتبار ان تأثيرها مهمل

بمقارنة هاتين الطريقتين يتضح بان الطريقه (2) لها كل الانشغالات بشتها المعادله الابسط . مع ذلك فالطريقه (1) هي اكثر استخداما بسبب الاسلوب الابسط في مسك المسطره . ومن الواضح بانه حيثما توجد انحدارات قويه كما هي الحال في المناجم الارضيه والمقالع ، يجب ان تتبع الطريقه (2) .

- (أ) إهمال في مسك المسطرة الذي سبق وتوقش .
 (ب) خطأ في قراءة حصر السنتيديا والذي يضرب مباشرة $(K_1=100)$ لجعله متصغرا . ويؤاد هذا المصدر من الخطأ بازدياد طول خط النظر . والحل البديهي هو في تحديد طول خط النظر لضمان قراءة واضحة لتدريجات المسطرة .
 (ج) خطأ في تعيين ثابتي الجهاز K_1 و K_2 والذي يؤدي الى خطأ في المسافة يتناسب طرديا مع الخطأ في الثابت K_1 وكذلك طرديا مع خطأ الثابت K_2 .
 (د) تأثير اختلاف الانكسارات على حصر السنتيديا . وهكذا يمكن تقليد الحفاظ على جعل أقل قراءة بحدود 1 م من الأرض .
 (هـ) خطأ مرضي random error في قياس الزاوية الشاقولية ، وإن لهذا الخطأ تأثيرا غير ملحوظ على حصر المسطرة وبالتالي على المسافة الأفقية .

بالإضافة الى مصادر الخطأ المذكورة أعلاه ، هنالك أخطاء أخرى ناتجة من إخطاء في الأجهزة ثم الفشل في إزالة ظاهرة اختلاف النظر parallax والاعطاء الطبيعية التي تسببها الرياح العاليه والبيش الحراري ... الخ . وإن عدم توفر أدلة إحصائية يجعل تغير دقة قياسه أمرا صعبا . مع هذا فالعامل الجاهل للاختلاف الصغير سوف يغطي بعض الأخطاء للتقدير .

نبتطبيق معادلة مسح الأبعاد بالمسطرة الشاقولية نقطه كما في الفقره ١-٤ ، ثم اجراء التفاضل بالنسبة لكل مصدر خطأ على حدا ، بدوره سيمطي : $D = K_1 s \cos \theta_1 \cos \theta_2$ ، $\delta D = s \cos \theta_1 \cos \theta_2 \cdot \delta K_1$ ، $\therefore \frac{\delta D}{D} = \frac{s \cos \theta_1 \cos \theta_2 \cdot \delta K_1}{s \cos \theta_1 \cos \theta_2 \cdot K_1} = \frac{\delta K_1}{K_1}$... (11-4)
 بنفس الطريقة ، فإن اجراء التفاضل بالنسبة الى s و θ_1 و θ_2 على التوالي يعطي :

$$\frac{\delta D}{D} = \frac{\delta s}{s}$$

$$\frac{\delta D}{D} = - \tan \theta_1 \cdot \delta \theta_1$$

$$\frac{\delta D}{D} = - \tan \theta_2 \cdot \delta \theta_2$$

فإن نظرية الأخطاء سيمطي مجموع تأثير الإخطاء أعلاه " خطأ قياسيا نسبيا (p.s.e.) proportional standard error " يساوي :

$$\frac{\delta D}{D} = \pm \left[(\delta K_1 / K_1)^2 + (\delta s / s)^2 + (\tan \theta_1 \cdot \delta \theta_1)^2 + (\tan \theta_2 \cdot \delta \theta_2)^2 \right]^{1/2} \dots (12-4)$$

والآن بفرض القيم التالية :

$$D = 200 \text{ m.}, S = 2.015 \text{ m.}, \theta_1 = \theta_2 = 5^\circ$$

$$\delta S = \pm (2^2 + 2^2)^{1/2} = \pm 3 \text{ mm.}, \delta K_1/K_1 = 1/1000,$$

$$\theta_1 = \pm 20'' \quad (\text{خطأ في الزاوية الشاقولية})$$

$$\theta_2 = \pm 1^\circ \quad (\text{خطأ في سكة المسطرة})$$

$$\therefore \frac{\delta D}{200} = \pm \left((0.001)^2 + (0.003/2.015)^2 + (\tan 5^\circ \times 20'')^2 + (\tan 5^\circ \times 1^\circ)^2 \right)^{1/2}$$

$$= \pm \left((100 \times 10^{-8}) + (225 \times 10^{-8}) + 0 + (234 \times 10^{-8}) \right)^{1/2}$$

$$\therefore \delta D = -0.480 \text{ m.}, \delta D/D = 1 : 420$$

من الواضح بان اكثر مصادر الخطأ تأثيرها هو ناتج من الاهمال في سكة المسطرة ثم خطأ حصر المستديرا . اما الخطأ في الزاوية الشاقولية فعادة يكون مهملا . فالقراءة الى اقرب 10 ملم تعطي خطأ فعلي قيمة له تساوي 5 ملم ومعدل خطأ ($\pm 2.5 \text{ mm.}$) .

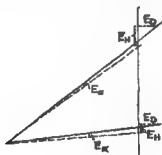
اذن فمعدل الخطأ في قيمة الحصر سوف يكون :

$$= (2.5^2 + 2.5^2)^{1/2} = \pm 3.5 \text{ mm.}$$

باستخدام هذه القيم يتم الحصول على دقة مقدارها 1 الى 400 ، ولكن هذه الدقة متقل بمرور بازدياد المسافة والارتفاع . تعتبر دقة 1 الى 250 اكثر واقعية لاطلب المهندسين تحت ظروف العمل الاعتيادية وماأخذ بنظر الاعتبار بان العمل لا ينجز عادة من قبل اناس متفرسين .

4-5 أخطاء في الارتفاعات Errors in Elevations

ان اهم مصادر الخطأ في الارتفاع هي : (أ) خطأ في الزاوية الشاقولية (ب) أخطاء اضافية ناتجة من أخطاء في المسافة المحسوبة . يبين الشكل 7-4 بعض اذه في الوقت الذي يكون فيه الخطأ الناتج من (أ) ثابتا تقريبا ، نجد بان الخطأ الناتج من (ب) يزداد بازدياد الارتفاع .



شكل 7-4

$$H = D \tan \theta$$

$$\therefore \delta H = \delta D \tan \theta$$

$$\delta H = D \sec^2 \theta \delta \theta$$

$$\therefore \delta H = \pm [(\delta D \tan \theta)^2 + (D \sec^2 \theta \delta \theta)^2]^{1/2}$$

$$= \pm [(0.48 \tan 5^\circ)^2 + (200 \sec^2 5^\circ \times 20'' \sin 1^\circ)^2]^{1/2}$$

$$= \pm 0.446 \text{ m.}$$

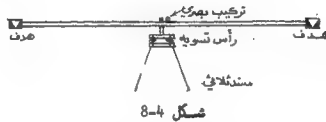
بسر هذه النتيجة الى ان الارتفاعات تتطلب دقة في تسجيلها لا قرب 10 ملم فقط .
 ولو انه يمكن الحصول على دقة 1 الى 1000 في اصال الضلع التي تم بطريقة قياس الابعاد بتأثير
 التغير الذي يحدث في الاخطاء الصفوية compensating error . كذلك بتأثير القياسات
 المعكوسة للخطوط ، وزيادة عامه بالاحتواء في القياس .

SUBTENSE TACHEOMETRY

2-4 مسح الابعاد باستعمال الذراع المقابل

يستخدم في هذه الطريقة ذراع افقي مقابل للمزاوة (للثيودولايت) مثبت فيه هدف في كل من نهايتيه
 المسافة بينهما 2م تماما . واذا كان الذراع يتالف من تركيب حديدي ، عدها تحمل الصامتان (الهدفان)
 بلك من معدن الانفار Invar Wire بطريقة بحيث يعوض فيها عن التغيرات الناتجة عن الاختلاف
 في درجات الحرارة .

يمكن جعل الذراع افقيا بتثبيتته على قاعدة مزواة اعتيادية و يجرى توجيهه بحيث يصنع زاوية مقدارها
 90° مع اتجاه النظر بواسطة تركيب بصري صغير في منتصفه . (شكل 8-4)



Principle of Operation

1-2-4 اساس العمل

اساس العمل موضح في الشكل 9-4 ، يفيض النظر من الارتفاع ، تقاس الزاوية θ المقابلة للذراع في
 المستوى الافقي بواسطة المزواة . فالسافة الافقية (TB) هي اذن :

$$D = (b/2) \times \cot \theta/2 \quad \dots (13-4)$$

(عندما تساوى b مترين)

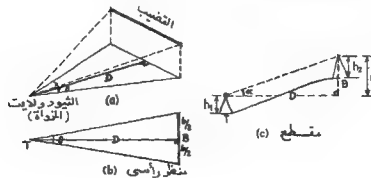
المسافة الشاقولية :

$$H = D \tan \alpha \quad \dots (14-4)$$

فيكون منصوب B نسبة الى T اذن :

$$(B \text{ منصوب}) = (T \text{ منصوب}) + h_1 + H - h_2$$

شير الى وجوب معرفة ارتفاعات الاجهزة عند احتساب المناسيب .



مصادر الاخطاء الثلاثة في المسافة D هي :

- (ا) تغير في طول الذراع المقابل .
- (ب) خطأ بتوجيه الذراع بزوايه 90 مع اتجاه خط النظر وخطاً في افقيته .
- (ج) خطأ في قياس الزاويه المقابله .

ولاجل تبسيط صليه التفاضل بالنسبه لكل متغير ، تصبح المعادله الاساسيه بالشكل التالي :

$$D = (b/2) \cot \theta/2$$

وحيث ان $(\theta/2)$ هي صغيره جداً ، (زوايا قطريه)
 $\tan \theta/2 \approx \theta/2 \text{ rad.}$
 $\cot \theta/2 \approx 2/\theta \text{ rad.}$
 $D \approx (b/2) \times (2/\theta) = b/\theta$
 وهكذا :
 اذن :

ويمكن اثبات ان الخطأ الناشئ من هذا التقريب يساوي تقريباً 1 الى $(3D^2)$ ويجب ان لا يستخدم البتة في استخراج اطوال خطوط النظر (فمثلاً عندما D تساوي 40 م فإن (b/θ) هي مضبوطه لغاية 1 الى 4800 من الدقه .

(ا) خطأ في طول الذراع

$$D = b/\theta$$

$$\therefore \delta D = \delta b/\theta , \quad \delta D/D = (\delta b/b) \times (\theta/b)$$

وهكذا :

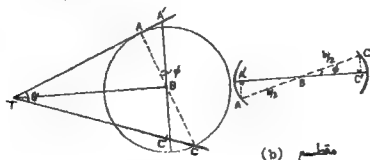
$$\dots (15-4)$$

$$\delta D/D = \delta b/b$$

يدقي المصنوع ، لاذرع خطفه ، قيمه تساوي 1 الى 100 000 بالنسبه الى $(\delta b/b)$ لتغير في درجة الحراره مقدار (20°C) . وهذا المصدر من الخطأ يمكن اذن اهماله .

(ب) خطأ في نصب الذراع (شكل 10-4)

الفشل في نصب الذراع بزوايه 90° مع خط النظر يؤدي الى انقاص الطول (ΔC) الى $(\Delta' C' \approx b \cos \phi)$ مع ان عدم ضبط المستوى الشاقولي يشير الى ان $(\Delta' C' \approx b \cos \phi)$. وهكذا فالخطأ بطول الذراع في كلتا الحالتين يساوي :
 اي :
 $\delta b = b - b \cos \phi$
 $\delta b = b(1 - \cos \phi)$



(ا) منظر رأسي

(ب) مقطع

$$\frac{\delta D}{D} = \frac{\delta b}{b} = (1 - \cos \phi) \quad \text{ثم المعادلة 4-15 اعلاه :}$$

$$\cos \phi = 1 - \phi^2/2! + \phi^4/4! - \dots \quad \text{ولكن :}$$

$$\therefore \delta D/D = \phi^2/2 \quad \dots (16-4)$$

فاذا المقدار $(\delta D/D)$ يزيد على (1 الى 20 000) طيه :

$$\phi = \left(\frac{2}{20\,000} \right)^{1/2} = 1/100 \text{ rad} \approx 0^\circ 34'$$

والتوجيه بهذه الدقة يمكن الحصول عليه بسهولة باستخدام تراكيب بصرية قياسية . عندها
يكن بالامكان اجمال هذا المصدر من الغطاء ايضا .

(٥) خطأ في قياس الزاوية المقابل

$$D = b/\theta \quad , \therefore \delta D = (-b/\theta^2) \times \delta \theta = (-b/\theta) \times (\delta \theta/\theta) = -D \times (\delta \theta/\theta)$$

$$\therefore \frac{\delta D}{D} = \frac{\delta \theta}{\theta} \quad \dots (17-4)$$

استخدام العلاقة اعلاه يمكن استنتاج الجدول التالي ، بفرض طول للذراع يعاوى θ_2 وخطأ في
نحاس θ_1 يعاوى (± 1) .

D m.	20	40	60	80	100
$\delta D/D$	1 in 20 626	1 in 16 313	1 in 6875	1 in 5106	1 in 4125

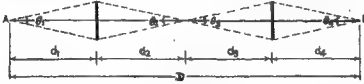
هذا يوضح بان الدقة تنقص بسرعة بازدياد المسافة . ويتحيز آخر للمعادلة اعلاه يمكن اثبات ان
الخطأ في D يتغير تبع مربع المسافة :
 $\delta D = - (b/\theta^2) \times \delta \theta$
 $\theta^2 = b^2/D^2$
 $\therefore \delta D = (D^2/b) \times \delta \theta \quad \dots (18-4)$

وهكذا فان خطأ مقداره (± 1) ينتج خطأ في مسافة طولها 80 م اربعة اضعاف ما يستجبه في مسافة
طولها 40 م . وهذا يمكن ايضا ملاحظة الجدول اعلاه حيث ان 40 الى 10 000 تساوى
4 ملم و 80 الى 5 000 تساوى 16 ملم .
وللتحويل الى خطأ قياسي نسمي (p.s.e.) مقدار $(1/10000)$ يجب ان تحدد المسافة بـ 40 م
وعندها تتوفر مقدارها (± 1) في قياس الزاوية ، وهذا يمكن ملاحظة فقط بجهاز مزوارة يقرأ "01" .
بعد التحليل الاحصائي لمدة قياسات مقابلة اخذت تحت ظروف متغيرة ، يقترح رج . ج . بيرد
عددا ادنى للزوايا المقابلة وهو 8 قياسات ، وحيث تستخدم مزوارة تقرأ 1 ، فليس اذن هناك
دواع لتغيير الوجه بين القراءات للتخلص من اخطاء الجهاز ، حيث ان لنهائي الذراع نفس الارتفاع .
مع ذلك ، وللتخلص من اخطاء التدريجات في الجهاز يجب ملاحظة هذه التدريجات في مناطق مختلفة
على الدائرة الاقنعة للجهاز .

Serial Measurements

٢-٢ القياسات المتكررة

لزيادة مدى الجهاز ونفس الوقت الحصول على دقة معقولة ، بالإمكان اتباع طريقة القياسات المتكررة (شكل ١١-٤) . فالخطأ في المقطع الجزيئي d ، من المعادلة (١٨-٤) هو : $\delta d = (d^2/b) \times \delta \theta$



شكل ١١-٤

الخطأ القياسي في المسافة الكلية (من نظرية الاخطاء) هو :

$$\delta D_n = \sqrt{(\delta d_1)^2 + (\delta d_2)^2 + (\delta d_3)^2 + \dots + (\delta d_n)^2}$$

فلنفرض ان : $\theta_1 = \theta_2 = \dots = \theta_n$ ، $d_1 = d_2 = \dots = d_n = d$ ، $D = n \cdot d$

$$\delta D_n = \delta d \cdot n^{\frac{1}{2}} = \frac{d^2 \cdot \delta \theta}{b} \cdot n^{\frac{1}{2}}$$

والان :

$$\dots d^2 = D^2/n^2$$

$$\delta D_n = \frac{D^2 \cdot \delta \theta}{b \cdot n^{\frac{3}{2}}} = \frac{D^2 \cdot \delta \theta}{b \cdot (n^{\frac{3}{2}})}$$

والتي اذا مضت لعلاء تمطي : (١٩-٤)

ولكن من المعادلة (١٨-٤) :

$$\delta D = (D^2/b) \times \delta \theta$$

..... (٢٠-٤)

يتقسم الخط الى جزئين فقط ، $(n=2)$ ، وفرض خطأ قياسي مقداره $(\pm 1'')$ ، يمكن ايجاد اكير مسانه عندها يمكن المحافظة على دقة مقدارها 1 الى 10 000 ، وذلك بجعل المعادلة (١٩-٤) بالشكل التالي :

$$\frac{\delta D_n}{D} = \frac{D \cdot \delta \theta}{n^{\frac{3}{2}}}$$

لاحظ بان الزوايا الصغيره في المعادلة $(\delta \theta)$ يجب ان تكون زوايا قطريه دائما ، وهكذا :

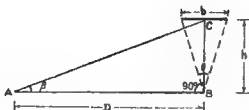
$$\frac{1}{10\ 000} = \frac{D \times 1''}{2 \times (2^{\frac{3}{2}}) \times 206265} , \dots D = 117 \text{ m.}$$

Auxiliary Base Measurement

٣-٢ قياس القاعد المساعد (شكل ١٢-٤)

تصبح القياسات المتكررة بعد قياسين غير اقتصاديه ويجب ان تتبع طريقة القاعد المساعد ، للمساكنات التي تزيد على 117 م . فاذا كانت المسافه المطلوبه هي (AB) والقاعد المساعد هي (BC) المنشأ : بزاويه مقدارها 90° مع (AB) وتقاس بتثبيت القصب المقابل في نقطه C . بقياس الزاويه β عند النقطه A يمكن ايجاد (AB) من :

$$AB = D = h \cdot \cot \beta$$



شكل 12-4

يساعد التحليل غير المطول التالي للاخطاء على احتساب افضل قيمة للمسافات h و D .

$$h \approx b/\theta \quad , \quad D \approx b/\beta \approx b/\theta/\beta$$

وباجراء التفاضل بالنسبة الى θ و β على التوالي :

$$\begin{aligned} \delta D &= - (b/\theta^2) \times \delta \theta & \delta D &= \frac{b}{\theta^2 \beta^4} \times \delta \beta \\ \therefore \delta D &= \pm \left(\frac{b}{\theta^4 \beta^2} \cdot \delta \theta^2 + \frac{b}{\theta^2 \beta^4} \cdot \delta \beta^2 \right)^{\frac{1}{2}} \\ &= \pm \frac{b}{\theta \beta} \left(\left(\frac{\delta \theta}{\theta} \right)^2 + \left(\frac{\delta \beta}{\beta} \right)^2 \right)^{\frac{1}{2}} \\ &= \pm D \left(\left(\frac{\delta \theta}{\theta} \right)^2 + \left(\frac{\delta \beta}{\beta} \right)^2 \right)^{\frac{1}{2}} \end{aligned}$$

من المنطقي ان نفرض بان الخطأ القياسي النسبي (p.ee) لكل زاوية سيكون متماثلا ، وهكذا :

$$\frac{\delta D}{D} = \pm \left(2 \left(\frac{\delta \theta}{\theta} \right)^2 \right)^{\frac{1}{2}} \quad \dots (21-4)$$

$$\frac{\delta D}{D} = \pm \left(2 \left(\frac{\delta \beta}{\beta} \right)^2 \right)^{\frac{1}{2}} \quad \dots (22-4) \quad \text{او :}$$

والان لما كانت $(\delta \theta/\theta)$ و $(\delta \beta/\beta)$ يمكن كتابة المعادلتين (21-4) و (22-4) على النحو التالي :

$$\frac{\delta D}{D} = \pm \left(\frac{2 h^2 + \delta \theta^2}{b^2} \right)^{\frac{1}{2}} = \pm \frac{h}{b} (2)^{\frac{1}{2}} \quad \dots (23-4)$$

$$\frac{\delta D}{D} = \pm \frac{D}{h} (2)^{\frac{1}{2}} \quad \dots (24-4)$$

وافترض للمرة الثانية ، بان الدقة المطلوبة هي 1 الى 10 000 والخطأ القياسي (± 1) ، واستخدام

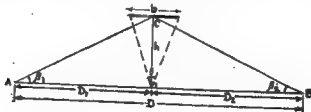
$$\frac{1}{10\,000} = \frac{h}{2 \times 206265} (2)^{\frac{1}{2}} \quad \text{فتصبح طوله 2 م}$$

ومن ذلك ينتج بان h يساوي 29 م

$$\frac{1}{10\,000} = \frac{D}{29 \times 206265} (2)^{\frac{1}{2}} \quad \text{والان باستخدام المعلومات اعلاه :}$$

$$D = 425 \text{ م.}$$

واخيرا سيكون هناك خطأ في تعيين الزاوية 90 عند النقطة B . وحيث يمكن الاثبات بان هذا المصدر من الخطأ يتناسب مع ظل التمام cotangent فانه يساوي صفرا اذا كانت الزاوية 90° .



شكل 13-4

إضافة إلى ما هو مذكور أعلاه ، بالإمكان زيادة الطول D وذلك بجعل القاعدة المساعدة في الوسط كما هو مبين في الشكل-13 عليه :

$$D = D_1 + D_2 = \frac{b}{\theta/\beta_1} + \frac{b}{\theta/\beta_2}$$

$$D = (b/\theta) \times (1/\beta_1 + 1/\beta_2)$$

كما مبين سابقاً .

والتي عند إجراء التفاضل عليها بالنسبة لـ θ و β_1 و β_2 تعطي :

$$\delta D = (-b/\theta^2) \times (1/\beta_1 + 1/\beta_2) \delta \theta$$

$$\delta D = - (b \cdot \delta \beta_1 / \theta \beta_1^2) \quad , \quad \delta D = - (b \cdot \delta \beta_2 / \theta \beta_2^2)$$

$$\therefore \delta D = \pm \left(-\frac{b^2}{\theta^4} \left(\frac{1}{\beta_1} + \frac{1}{\beta_2} \right)^2 \cdot \delta \theta + \frac{b^2 \cdot \beta_1^2}{\theta^2 \cdot \beta_1^4} + \frac{b^2 \cdot \delta \beta_2^2}{\theta^2 \cdot \beta_2^4} \right)^{\frac{1}{2}}$$

$$\therefore \delta D = \pm \left(\frac{b^2 \cdot 2 \cdot \delta \theta}{\theta^6} + \frac{b \cdot \delta \theta}{\theta^6} + \frac{b \cdot \delta \theta}{\theta^6} \right)^{\frac{1}{2}}$$

$$\delta D = \frac{b \cdot \delta \theta}{\theta^3} (6)^{\frac{1}{2}}$$

.... (25-4)

ويمكن كتابة المعادلة (25-4) بالشكل التالي :

$$(b/\theta^2) \cdot (\delta \theta/\theta) \cdot (4 \times 3/2)^{\frac{1}{2}} = (2b/\theta^2) \cdot (\delta \theta/\theta) \cdot (3/2)^{\frac{1}{2}}$$

$$D_1 \approx D_2 \quad , \quad D = 2b/\theta\beta = 2b/\theta^2$$

ولنفرضنا الآن أن :

$$\delta D = D \cdot \frac{\delta \theta}{\theta} \cdot \left(\frac{3}{2} \right)^{\frac{1}{2}}$$

طبيعه :

وحيث أن ($\theta = b/h$) :

$$\frac{\delta D}{D} = \frac{\delta \theta \cdot h}{b} \left(\frac{3}{2} \right)^{\frac{1}{2}}$$

... (26-4)

باستخدام المعادلة أعلاه وجعل ($\frac{\delta D}{D}$) تساوي 1 إلى 10 000 ، كما وأن ($\delta \theta$) تساوي "1" فإن :

$$h = 34 \text{ m.}$$

$$\delta D = \frac{b \cdot \delta \theta}{\theta^3} (6)^{\frac{1}{2}} \quad , \quad \text{وبنفس الطريقة من المعادلة (25-4) أي :}$$

$$\theta^3 = \left(\frac{2b}{D} \right)^{3/2}$$

وحيث أن ($D = \frac{2b}{\theta^2}$) فإن :

$$\delta D = \frac{b \cdot \delta \theta \cdot 6^{\frac{1}{2}} \cdot D^{3/2}}{(8b^3)^{\frac{1}{2}}}$$

والتي عند التمهيز تعطي :

$$\therefore \frac{\delta D}{D} = \frac{b \cdot \delta \theta \cdot 6^{\frac{1}{2}} \cdot D^{\frac{1}{2}}}{(8b^3)^{\frac{1}{2}}}$$

وبتمهيز نفس القيم كما في أعلاه :

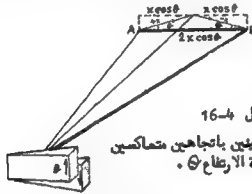
$$\frac{1}{10\,000} = \frac{2 \times 1'' \times 6^{\frac{1}{2}} \cdot D^{\frac{1}{2}}}{(8 \times 2^3)^{\frac{1}{2}} \times 206265}$$

$$\therefore D = \left(\frac{8 \times 206265}{20\,000 \times 6^{\frac{1}{2}}} \right)^2 = 1132 \text{ m.}$$

فيغطي الاسفين الجزء الوسطي فقط من العدسة الشيئية و هكذا تشاهد المسطرة الانفية مباشرة من خلال الاجزاء غير المغطاة من العدسة بينما يمكن مشاهدة الصورة المعكوسة من خلال الاسفين .
تجربى قراءة الانحراف مباشرة من المسطرة حيث ان المسافة المائلة هي 10.1 م ، وباستخدام مايكرومتر متوازي الصفائح parallel plate micrometer يتم الحصول على تثبيت أدق للحصول على قراءة لا قرب 0.01 م .

3. مبعاد مع مسطرة افقية Horizontal Staff Tacheometer

لفكرة الاسفين لايجاد المسافة الانفية بين الجهاز والمسطرة . وفي هذه الحالة يستخدم اسفينين عديدين اللون يصفل كل منهما ليعكس اشعة من الضوء مقدارها 1 الى 200 من المسافة المائلة .
فمنذما يكن الاسفينين مما يكون المنظار افقيا ومقدار الانحراف 1 الى 100 ، اما عندما يدور المنظار بزاوية شاقولية مقدارها θ مثلا ، يتحرك الاسفينين باتجاهين متعاكسين ونفس الزاوية ، فتتغير مسجلة متجه الازاحة بنسبة $\cos \theta$ ، وعليه يمكن ان تقرأ المسافة الانفية مباشرة من مسطرة انفية خاصة .



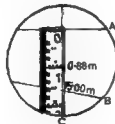
شكل 16-4

يدير الاسفينين باتجاهين متعاكسين
خلال زاوية الارتفاع θ .

يبين الشكل 16-4 بأن (AB) هي الازاحة المساوية للمسافة الانفية المطلوبة . يدق بان دقة مقدارها 1 الى 10 000 تتوفر بهذه الاجهزة ، حيث ان اطول خط نظر لكذا اجهزه هو 250 م .

4. مبعاد مع مسطرة شاقولية Vertical Staff Tacheometer

شركة كيرن Kern وسمي (Kern DK-RV) . للجهاز ميدان نظر متحرك الذي يتحرك مع ميلان المنظار ويتم السيطرة على مقدار الحركة بواسطة تركيب ميكانيكي يتألف من حذبة وتروس . فالمبعاد يستخدم مع مسطرة شاقولية مدرجه تدريجيا خاصا مصمما لمسافات الانفية بدقة 1 الى 5000 ولديها اتصال الى 150 م . يبين الشكل 17-4 جزءا من المسطرة الخاصة وكما تشاهد من خلال الجهاز .



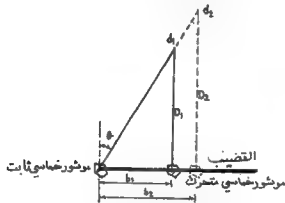
شكل 17-4

بتدوير النظار في المستوى الشاقولي ، و يجرى تنظيم الشعرة الافقية A لتقاطع نهاية الصغرى في السطوة ، ثم يستمر تدوير الجهاز الى ان تقطع الشعرة المائلة B نقطة دائرية صغيرة على المقياس الايسر . والجهاز الآن يقرأ كما يلي :

المسطرة B	15.00 م
المسطرة C	0.88 م
المسافة الافقية	15.88 م

5- جهاز زايز Zeiss BR T006 ، وهو نوع متطور من جهاز التيليتوب Teletop المعروف

وبداً اشتغاله موضح في الشكل 4-18 باستخدام زاوية تغيير parallaetic angle ثابتة وتحدد متغيره على طول القضيب ، فيجرى استخراج المسافة D بتزحيف المؤشر المتحرك على طول القضيب حتى تطابق صورتها d_1 ، ومندها تقرأ المسافة المائلة d_2 او الافقية من القضيب . اما مقدار الخطأ القياسي فانه يتناسب طردياً مع المسافة المقاسة . المدى الاعتيادي للجهاز محدود بحوالي 60 م والدقة (1 الى 1600) واستخدم اهداف خاصة يمكن زيادة المدى الى 180 م . هذا الجهاز مثالي للمسوحات التضليلية في المدن المزدهرة ويستخدم جنباً الى جنب مع لوحة الترسيم plotting table . وتفيد توصيلة كارتى Karti في عمل ترسيماً مباشراً شبه تلقائياً semi-automatid لنقاط بدقة مقدارها ± 0.1 ملم .



شكل 4-18

6- مباحيد الكروميه Electronic Tacheometer ، تستخدم هذه الاجهزة بصورة عامة

نظام مرجع لقياس القراءات التي تسجل مباشرة على شريط ورتي او فلم 35 ملم ، وفي حالة استخدام الفلم يثبت الفلم في جهاز تفسير و يجرى تحويله الى شريط مثقوب جاهزاً لادخاله في الحاسبه الالكترونيه ، وهذه الحاسبه تثبت بجهاز رسم الكروميه co-ordinatograph الذي يقوم برسم المخطط الكتوري النهائي .

فعل سبيل المثال يتألف الجهاض (Reg Elta 14) ذو التسجيل الالكتروني من صنع زايز ، يتألف من جهاز الكروميه لقياس المسافات الصغيره (SM-11) مركب على مزواة . اما نظام التسجيل فهو عبارة عن ثاقبة شريط خفيفة متصلة بسلك الى قاعدة الجهاز ، وباستخدام شريط ورتي ذو غلاف بلاستيكي يمكن الجهاز من الاشتغال حتى في حالات الرطوبة العاليه . وبالامكان سحب الى حد 600 تصوير في نصبة واحده للجهاز عند استخدام 35 ملم فلم .

يدعي بأن هذه الطرق تعطي تقييرا الى حد (50%) ، ونفس الوقت تتحذف اخطاء القراءات والتسجيل
والحسابات . مع ذلك فالكلفة النهائية للجهاز الذي يشمل الحاسبه الالكترونيه وجهاز الرسم الالكتروني
وجهاز تفسير الصور photointerpreter عالية جدا .

امثله محلله

مثال 1 ، خذ مسافه 500 م . الى اى درجة من الدقه يمكن ان تقاس اذا استخدم قضيب طوله 2 م .
وبفرض ان الخطأ القياسي (p.s.e) في الراويه المقابله يساوى ($\pm 1''$) .

الحل ،

$$\theta = 2/500 \text{ rad.} = 0.004 \times 206 \text{ } 265$$

$$= 825''$$

والان كما ان : $\delta \theta / \theta = \delta D / D = 1/825$ (606 ملم)

مثال 2 ، اذا طلبت المسافه اعلاه بدقه 1 الى 1000 ، فالى ايه دقه يجب ان تقاس الراويه المقابله ؟

الحل ،

$$1/1000 = \delta \theta'' / 825''$$

$$\therefore \delta \theta'' = 825/1000 = \pm 0.8''$$

مثال 3 ، اذا قسمت المسافه اعلاه الى مسافتين متساويتين ، فالى دقه يمكن ان تتوقع اذا استخدمت
نفس الجهره القياس ؟

الحل ،

$$\delta D_2 = \delta D / n^{3/2}$$

$$\delta D = 606 \text{ mm.} , n=2$$

$$\therefore \delta D_2 = 606/8^{1/2} = 214 \text{ mm.}$$

اي 214 ملم في مسافه 500 م . او 1 الى 2338

مثال 4 ، الى كم جزء يمكن ان تقسم المسافه اعلاه لاجل زياده الدقه الى 1 الى 10 000 ؟

الحل ،

$$\delta D_n = \frac{500 \text{ mm.}}{10 \text{ } 000} = 50 \text{ mm.}$$

$$\therefore 50 = 606 / n^{3/2}$$

منها ينتج بان n تساوى 5.3 جزء

$$\begin{aligned} DG &= CD \tan (25^\circ - \alpha) = 87.594 & 1.155 \text{ m.} \\ DE &= CD \tan 25^\circ = 88.749 & 1.161 \text{ m.} \\ DF &= CD \tan (25^\circ + \alpha) = 89.910 \end{aligned}$$

يمكن الاستدلال بأن قترات الستيديا هي :

$$\begin{aligned} GE &= S_1 = 1.155 \\ EF &= S_2 = 1.161 \end{aligned} \quad = 2.316 \text{ m. (يحقق)}$$

من هذا يكون بديها ان :

$$= 2.292 + 1.161 = 3.453 \quad \text{القراءة العليا upper reading}$$

$$= 2.292 - 1.155 = 1.137 \quad \text{القراءة السفلى lower reading}$$

$$DE = H = CD \tan 25^\circ \quad \text{فلا ارتفاع الشاقولي (DE) يساوي}$$

$$= 88.749 \quad \text{(كما في اصلاحه)}$$

$$= 37.950 + 1.35 + 88.749 - 2.292 \quad \text{اذن منصوب B}$$

$$= 125.757 \text{ m.}$$

مثال 7 : اخذت القراءات التالية بمروية ذات الثابتين 100 و صفر . من النقطة A الى B والى C . وقد قيست المسافة (BC) وكانت 157 م . فيفرض ان الارض مستوية ضمن المثلث (ABC) ، واحسب حجم الردميات المطلوب لجعل الساحة مستوية وبمنسوب يساوي بمنسوب اطل نقطة . وبفرض ان الجوانب تستند على جدران كوكيتيه سائده ، ولما بان ارتفاع الجهاز يساوي 1.40 م وان المسطرة مسكت شاقوليا . (جامعة لندن)

الحل :		الزاوية الشاقولية			الزاوية
في	الى	(m) قراءات المسطرة			
A	B	1.48	2.73	3.98	+7° 36'
	C	2.08	2.82	3.56	-5° 24'

$$= 100 \times 8 \cos^2 \theta \quad \text{المسافة الافقية (AB)}$$

$$= 100 \times 2.50 \cos^2 7^\circ 36' = 246 \text{ m.}$$

$$= 246 \tan 7^\circ 36' = +32.8 \text{ m.} \quad \text{المسافة الشاقولية (AB)}$$

كذلك :

$$= 148 \cos^2 5^\circ 24' = 147 \text{ m.} \quad \text{المسافة الافقية (AC)}$$

$$= 147 \tan 5^\circ 24' = -13.9 \text{ m.} \quad \text{المسافة الشاقولية (AC)}$$

$$= (s(s-a)(s-b)(s-c))^{\frac{1}{2}} \quad \text{مساحة المثلث (ABC)}$$

$$s = \frac{1}{2} (a + b + c) \quad \text{حيث ان s تساوي}$$

$$= \frac{1}{2} (157 + 246 + 147) = 275 \text{ m.}$$

$$= (275(275-157)(275-147)(275-246))^{\frac{1}{2}} \quad \text{اذن مساحة المثلث (ABC) تساوي}$$

$$= 10975 \text{ m}^2$$

افرض ان منصوب نقطة B يساوي 100.00 م ، اذن منصوب نقطة C يساوي

$$= 100 + 1.40 + 32.8 - 2.73 = 131.47 \text{ m.}$$

$$= 100 + 1.40 - 13.9 - 2.82 = 84.68 \text{ m.} \quad \text{عليه فنمنسوب نقطة C يساوي}$$

الزئبق الزئبق عند نقطة A يساوي 31.47 م
الزئبق الزئبق عند نقطة G يساوي 46.79 م

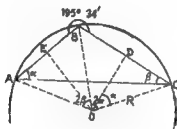
حجم الردم = المساحة الأفقية \times معدل الارتفاع
 = 10 975 $\times \frac{1}{2}$ (31.47 + 46.79)
 = 286 300 م³

مثال 8 : لاجل ايجاد نصف قطر قوس طريق ، اخترت النقاط A و B و C على خط وسط الطريق . لقد ثبت الجهاز في نقطة B ولغدت القراءات التاليه على A و C ، حيث كان المنظار افقيا والمسطره
مائله .

المطبة في	الاتجاه الزاوي الأفقي	قراءات المستديرا
A	6° 00'	1-617 1-209 0-801
C	195° 34'	2-412 1-926 1-440

لذا كان ثابتي الجهاز 100 و صفره أوجد نصف قطر القوس الدائري (A, B, C) . إذا كان ارتفاع المحور الاتي للقطار 1.54 م فوق مستوى الطريق في نقطة B أوجد ميل كل من (AB) و (BC) .
(جامعة لندن)

العل : ملاحظه : لما كانت تدريجات الزوايا بانتهاء عقرب الساعة فان الزاويه (ABC) كما مبينه في الشكل 4-20 تساوي 34' 195 .



شماره 4-20

العلاقات الموجودة بين الزوايا والميعة في الشكل مستخرجة من هندسة الزوايا المركزية كالتالي:

$$D = K_1 S + K_2$$

من معادلة التعديلات الأفقية :

$$AB = 81.6 \text{ м.}, \quad BC = 97.2 \text{ м.}$$

بفرمان اتجاه (AB) هو صفر ، فان اتجاه (BC) يساوي $15^{\circ} 34'$ لارتفاع 97.2 م .
 من ممرات احد اشياء C :

$$= 97.2 \frac{\sin}{\cos} 15^\circ 34' = + 26.08 \Delta E, \quad + 93.63 \Delta N$$

اذن مجموع لحدائيات C بالنسبة الى A :

$$E = 26.08 \quad , \quad N = 81.6 + 93.63 = 175.23$$

فالأتجاه الزاوي لـ (AC) :

$$= \tan^{-1} \frac{26.08}{175.23} = 8^\circ 28'$$

$$\therefore \alpha = 8^\circ 28' \quad , \quad \beta = 15^\circ 34' - 8^\circ 28' = 7^\circ 06'$$

$$R = 48.6 / \sin 8^\circ 28' = 330 \text{ m.}$$

في المثلث (DCO) :

$$\widehat{AB} = R \times 2\beta \quad \text{rad.} = 330 \times 14^\circ 12' \text{ rad.} = 81.78 \text{ m.} \quad ; (BC) \text{ و } (AB) \text{ نأقياس}$$

$$\widehat{BC} = R \times 2\beta \quad \text{rad.} = 330 \times 16^\circ 56' \text{ rad.} = 97.53 \text{ m.}$$

$$= ((1.54 - 1.209) = 0.331) : 81.78 = 1:250 \quad (B \text{ الى } A) \quad \text{الميل (AB)}$$

$$= ((1.926 - 1.54) = 0.386) : 97.53 = 1:250 \quad (C \text{ الى } B) \quad \text{الميل (BC)}$$

طريقة أخرى لإيجاد الزوايا α و β كانت تكون باستخدام القانون :

$$\tan \frac{(A-C)}{2} = \frac{(a-c)}{(a+c)} \times \tan \frac{(A+C)}{2}$$

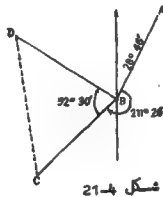
مع هذا فاستخدام الاحداثيات يتضمن حسابات أقل ويغني عن حفظ القانون في هذه الحالة ، وهذه تظهر بشكل واضح في السؤال التالي حيث يمكن القانون لعلاء وقانون الجيوب ضروريين لإيجاد (CD) .

مثال 9 : أخذت القراءات التالية من محطة B الى المحطات A و C و D بواسطة المزواة .

التجهيزات	الزوايا الأفقية	الزوايا الشاقولية	قراءات الستيديا (m)		
			فوق	وسط	أسفل
A	301° 10'		1.044	2.283	3.921
C	152° 36'	-5° 00'	0.645	2.376	4.110
D	205° 06'	+2° 30'			

الاتجاه الزاوي للمخط (BA) هو 28° 46' وثابتى الجهاز هما 100 و صفر . اوجد ميل المخط (CD) واتجاهه الزاوي . (جامعة لندن)

الحل : راجع الشكل 21- .



$$\begin{aligned} &= 100 \cdot S \cdot \cos^2 \theta = 247.8 \cos^2 (5^\circ 00') = 246.0 \text{ m.} & \text{المسافة (BC)} \\ &= 246 \tan (5^\circ 00') = -21.51 \text{ m.} & \text{الارتفاع (BC)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &= 346.5 \cos^2 (2^\circ 30') = 345.9 \text{ m.} & \text{المسافة (BD)} \\ &= 345.9 \tan (2^\circ 30') = 15.10 \text{ m.} & \text{الارتفاع (BD)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &= 28^\circ 46' + 211^\circ 26' = 240^\circ 12' & \text{اتجاه (BC) الزاوي} \\ &= 240^\circ 12' + 52^\circ 30' = 292^\circ 42' & \text{اتجاه (BD) الزاوي} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &= 246 \frac{\sin 240^\circ 12'}{\cos} & \text{اثن واحداتيات C هي} \\ \Delta E &= -213.5, \quad \Delta N = -122.2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &= 345.9 \frac{\sin 292^\circ 42'}{\cos} & \text{واحداتيات D هي} \\ \Delta E &= -319.2, \quad \Delta N = +133.5 \end{aligned}$$

$$E = -105.7, \quad N = +255.7 \quad \text{اثن واحداتيات C بالنسبة الى D هي}$$

$$= \tan^{-1}(-105.7/+255.7) = 327^\circ 32' \quad \text{اثن فاتجا (CD) الزاوي}$$

$$\begin{aligned} &= 255.7 / \cos 22^\circ 28' = 276.75 \text{ m.} & \text{طول (CD)} \\ &= -(21.51+2.283) - (15.10-2.376) & \text{الفارق بين منطوي C و D} \\ &= 36.52 \text{ m.} \end{aligned}$$

اثن ميل (CD) يساوي 36.52 م الى 276.75 م ، اي 1 الى 7.6 صاعدا .

مثال 10 ، صف الموايا الرئيسية في قضيب التقابل subtense bar وبين كيفية استعماله في ايجاد المسافة بمطية قياس واحدة .

بالمعنى بطلاً مقداره 01 في قياس الزاوية ، لحسب الدقة مبتدئا بالمبادئ الاساسية في قياس مسافة طوله 60 م عند استخدام قضيب طوله 2 م . بين كيف تتغير دقة كذا قياس بتغير المسافة . واذكر الطريقة التي بواسطتها يمكن الحصول على اطي دقوات تبعت قياسات الابعاد بمعدات التقابل في ايجاد المسافة بين نقطتين واقمتين على ظفتين متقابلتين من نهر عرضه 180 م .
(جمعية المهندسين المدنيين البريطانية)

الحل ، لاجابة الجزء الاول من السؤال ، راجع الفقرة 4-2 .

$$\begin{aligned} \theta'' &= \frac{2 \times 206265}{60} = 6876'' & \text{زاوية التقابل "ع" تساوي} \\ & & \text{اثن الدقة هي 1 الى 6876} \end{aligned}$$

حل تغير الخطأ بتغير المسافة ، راجع المعادلة رقم 4-18 . ولمعرفة اطي دقة يمكن الحصول عليها ، تتبع طريقة القاعد المساعد Auxiliary Base Method الفقرة 4-2-3 .

مثال 11 ، اذكر باختصار الاجهزة المطلوبة لقياسات التناوب معطيا وصفا قصيرا لتضيق التناوب .

اية دقة يمكن ان تتوقع في قياس طول خط بهذه الطريقة ؟

المعلومات التالية تمود الى قياس تناوب بين محطتين :

طول قضيب التناوب (مثبت افقيا) يساوي 2 م بخطا قياسي مقداره 0.1 ملم .
الزوايا المتعاقبة لنهائيتي القضيب (من الزوايا) هي : $15^{\circ} 32' 0''$ و 10° و $12^{\circ} 18'$ و 16° و 14°
خطا قياسي مقداره $4''$ في كل قيمة .

قراءات الدائرة العمودية فوق الافق كانت : $20^{\circ} 10' 12''$ و 18° و 25° و 21° و 21° و 17° بخطا قياسي مقداره $4''$ في كل قراءة ، حيث ان الارقام داخل الاقواس هي عدد الثواني المحرزة بخمسة قراءات متكررة مع بقاء الزوايا والدقائق ثابتة ، وكان الخطا القياسي في اقية مؤشر الدائرة العمودية $6''$.

اوجد : (a) المسافة الافقية بين محور الجهاز ووسط قضيب التناوب .

(b) الفرق بالنسب بين هاتين التقلتين .

(c) الخطا القياسي بفرق النسب المحسوب في (b) . (جامعة لندن)

الحل ،

(a) معدل الزوايا الافقيه هو $0^{\circ} 32' 14.2''$

$$\therefore D = \frac{b}{2} \cot \theta / 2 = \cot 0^{\circ} 16' 07.1'' = 213.28 \text{ m.}$$

(b) معدل الزوايا الشاقوليه هو $12^{\circ} 10' 20''$

$$\therefore H = D \tan \alpha = 213.28 \tan (12^{\circ} 10' 20'') \\ = 46.00 \text{ m.}$$

() الخطا القياسي في طول القضيب (b) يساوي (b) يساوي 0.1 ملم .

الخطا القياسي بالزوايا (b) يساوي $(\delta \theta)$ ويساوي $(1.6'')^2 / (6'')^2 = 0.04''$.

الخطا القياسي في قراءة الزاوية الشاقوليه (b) يساوي $(\delta \theta)$ ويساوي $(1.6'')^2 / (6'')^2 = 0.04''$ كما في املاء .

من المنطقي ان نفرض ان الزوايا الشاقوليه تقاس على كل من وجهي الجهاز ، وهكذا سوف ينحذف الخطا في مؤشر الدائرة الشاقوليه البالغ $6''$.

والان باجراء المفاضلة differentiating للمعادله $(H=D \tan \alpha)$ بالنسبة لكل متغير فيها

فانها ستعطي : $\delta H = \delta D \tan \alpha$ ، $\delta H = D \sec^2 \alpha \cdot \delta \alpha$

$$\therefore \delta H = \pm (\tan^2 \alpha \cdot \delta D^2 + D^2 \sec^4 \alpha \cdot \delta \alpha^2)^{\frac{1}{2}}$$

ولكن (b) هي كمية مجهولة وهي اول من يتوجب ايجادها وكما يلي :

$$D = b / \theta \quad , \quad \therefore \delta D = \delta b / \theta$$

$$1 / \theta = D / b \quad \text{ولكن}$$

$$\therefore \delta D = D \cdot \delta b / b \quad , \quad \delta D = (- b / \theta^2) \cdot \delta \theta$$

$$D^2 = b^2 / \theta^2 \quad \text{ولكن}$$

$$\therefore \delta D = D^2 \cdot \delta \theta / b$$

$$\delta D = \pm \left(\frac{D^2 \cdot \delta b^2}{b^2} + \frac{D^4 \cdot \delta \theta^2}{b^2} \right)^{\frac{1}{2}} = \pm \frac{D}{b} (\delta b^2 + D^2 \cdot \delta \theta^2)^{\frac{1}{2}}$$

$$\therefore \delta D = \pm \frac{213}{2} (0.0001^2 + \frac{213^2 \times 1.6^2}{206 \cdot 265^2})^{\frac{1}{2}} = \pm 0.18 \text{ m.}$$

$$\therefore \delta H = \pm (\tan^2(12^\circ 10' 20'') \times 0.18^2 + \frac{213^2 \sec^4(12^\circ 10' 20'') \times 1.6^2}{206 \cdot 265})^{\frac{1}{2}}$$

$$= \pm 0.04 \text{ m.}$$

ملاحظات للطالب

- (a) يجب تخيير كافة الزوايا الصغيرة في حسابات الاخطاء ($\delta\theta$) الى زوايا قطريه radians .
(b) ليس من الضروري ان تؤخذ الكميات الداخلة باية دقة كبيره حيث ان نسبة الاخطاء الى الكميات المقاسه هي صغيره جدا .

(c) للظليه غير المتصلمين في نظرية الاخطاء ، فان الخطأ القياسي في الزوايا يستخرج كما يلي :
لنعدنا θ تكون الوسط الحسابي لستة قياسات $\theta = (\theta_1 + \theta_2 + \theta_3 + \theta_4 + \theta_5 + \theta_6) / 6$
فكل من هذه القياسات تكون متأثره بنفس مقدار θ (يساوي θ) .

$$\therefore \theta \pm e = [(\theta_1 \pm e_1) + (\theta_2 \pm e_2) + (\theta_3 \pm e_3) + (\theta_4 \pm e_4) + (\theta_5 \pm e_5) + (\theta_6 \pm e_6)] / 6$$

بالطرح ينتج :

$$\pm e = (\pm e_1 \pm e_2 \pm e_3 \pm e_4 \pm e_5 \pm e_6) / 6$$

$$e_1 = e_2 = e_3 = e_4 = e_5 = e_6 = e$$

وبفرض ان :

$$\therefore e^2 = 6 \cdot e^2 / 6^2 \quad , \quad \therefore e = \pm (e^2 / 6)^{\frac{1}{2}} = \pm e / \sqrt{6}$$

ملحق

- (1) لاجل مسح طريق كائن ، اختيرت ثلاثة نقاط A و B و C على خط وسطه ، وثبت الجهاز في نقطة A ولأخذت القراءات التاليه :

المسطرة	الزوايا الشاذية	الزوايا الاخفيه	قراءات المستديا (متر)
B	0° 00'	-1° 11' 28"	1-695, 1-230, 0-765
C	6° 25'	-1° 04' 16"	2-348, 1-580, 0-660

- لو كانت المسطرة شاقوليه وثابتي الجهاز 100 سم ، لحسب نصف قطر القوس (ABC) . فاذا كان الجهاز على من نقطة A بمقدار 1.353 م . اوجد مقدار الانخفاض من A الى B ومن B الى C .
(جامعة لندن)

الجواب : نصف القطر 337.8 م ، الى B 1.806 م ، الى C 1.482 م .

- (2) اخذت قراءات على مسطرة شاقوليه سككت على النقاط A و B و C ببعد ثابت يساوي 100 سم . لو كانت المسافة الافقيه من الجهاز الى المسطره 45.9 م و 63.6 م و 89.4 م على التوالي والزوايا شاقوليه (+5°) و (+6°) و (-5°) . اوجد مقدار الحصر على المسطره . فاذا كانت قراءه الشمره لسطحه 2.10 م في كل حاله ، ما مقدار الفرق بالارتفاع بين النقاط A و B و C ؟ (جامعة لندن)
الجواب : حصر المسطره في A (0.462) وفي B (0.642) وفي C (0.900) . B هي 2.6 م اعلى من A و C هي 11.835 م اوطأ من A .

(3) ثابت الضرب في مزواة يساوي 100 والثابت الجمعي صفره . وعندما نصبت على ارتفاع 1.35 م فوق المحطة B اخذت القراءات التالية :

تراءات الستيديا (متر)	الدائرة المرئية	الدائرة الافقية	النتيجة	المحطة
1.140, 2.292, 3.420	20° 30'	28° 21' 00" 82° 03' 00"	A C	B B

علما بان احدائيات A هي E 163.86 و N 0.00 . واحدائيات B هي E 163.86 و N 118.41 .
اوجد احدائيات النقطة C وارتفاعها فوق خط الاسناد ، اذا كانت B بارتفاع 27.30 م فوق خط الاسناد
لصاحة المساحة (a.o.d.) (جامعة لندن)
(الجواب : E 2.64 , N 0.00 و 101.15 م فوق خط الاسناد المساحي)

(4) (a) اخذت القراءات التالية لتضيب تقابل subtense bar طوله 2 م مثبت على ارتفاع

1.372 م فوق سطح الارض :

معدل الزوايا الافقيه 0° 20' 30"

معدل الزوايا الشاقولية + 5° 20' 00"

اوجد : (1) المسافة الافقيه بين الجهاز والتضيب .

(2) منسوب محطة التضيب ، اذا ثبتت المزواة على ارتفاع 1.524 م فوق محطة ارضية منسوبها

56.58 م فوق خط الاسناد المساحي .

(b) اذا كان الخطأ القياسي في قياس الزاوية الافقيه بين نهايتي التضيب يساوي (1") ما هو

الخطأ الجزئي في المسافة اعلاه ؟ .

باستخدام نفس المعدات ، الى كم جزء يمكن ان تقسم المسافة للحصول على دقة اقل مقدار لها يساوي

1 الى 500 .

(الجواب : المسافة D تساوي 335.40 م ، 88.04 a.o.d. الى 1230 ثلاثة اجزاء) .

الفصل الخامس

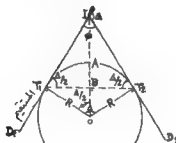
CURVES المنحنيات

يكن إنشاء المنحنيات ، في التصاميم الهندسية للطرق الخارجية والمكان الحديدية وخطوط الانابيب . الخ ، جانبا مهما من حياة المهندس ، وانه على ذلك - بدون شك - تضع الاسئلة الامتحانية . يمكن ان تدج المنحنيات تحت ثلاثة عناوين رئيسية هي :

- | | |
|-------------------|--------------------------|
| Circular Curves | (1) المنحنيات الدائرية |
| Transition Curves | (2) المنحنيات الانتقالية |
| Vertical Curves | (3) المنحنيات الشاقولية |

CIRCULAR CURVES ١-٥ المنحنيات الدائرية

المستقيمان (D_1T_1) و (D_2T_2) موصولان بمنحني داخري نصف قطره R ، شكل 5-1 :



شکل 5-1

- (a) عدد من المستقيمان فانهما يلتقيان في I نقطة التقاطع
- (b) تسمى الزاوية Δ في I زاوية التقاطع او زاوية الانعكاس وتساوي الزاوية T_1OT_2 المتبادلة في مركز المنحني O .
- (c) تسمى الزاوية ϕ في I زاوية الرأس Apex Angle ولكنها نادرا ما تستخدم في حسابات المنحنيات.
- (d) يبدأ المنحني من T_1 وينتهي في T_2 وتسمى هاتان النقطتان نقطتا التماس Tangent Points.
- (e) المسافتان (T_1I) و (T_2I) هما طولو المماسين وتساويان $(R \tan \Delta/2)$.
- (f) يحسب طول المنحني (T_1AT_2) : طول المنحني = نصف القطر $\times \Delta$ حيث تقاس Δ بالزوايا القطرية.
- (g) تسمى المسافة (T_1T_2) الجزء الرئيس Main Chord (C).
- ومن الشكل
- $$\sin \Delta/2 = \frac{T_1B}{T_1O} = \frac{1}{2} \times \left(\frac{C}{R} \right) \text{ الجزء } , \therefore C = 2 R \sin(\Delta/2)$$
- (h) تسمى (IA) المسافة الرأسية Apex Distance وتساوي :

$$IO - R = R \sec(\Delta/2) - R = R (1 - \sec(\Delta/2))$$

$$R - OB = R - R \cos(\Delta/2) \quad ; \quad (AB) \text{ هو الارتفاع الوسطي ويساوي } :$$

$$\therefore AB = R (1 - \cos(\Delta/2))$$

يجب استنتاج هذه القوانين من الشكل المنحني (شكل 1-5) وليس من الضروري ان يعتمد على
الذاكرة .

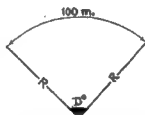
1-1-5 تسميات المنحني Curve Designations

تسمى (او تعرف) المنحنيات اما بنصف قطرها R او بدرجة انحنائها D° بحيث تعرف درجة الانحناء
بانها الزاوية المقابلة لقوس طوله 100 م في مركز الدائرة (شكل 2-5) .
وهكذا :

$$R = \frac{100 \text{ m}}{D \text{ rad.}} = \frac{100 \times 180}{D^\circ \times \pi}$$

$$\therefore R \approx \frac{5730 \text{ m}}{D^\circ}$$

... (1-5)



شكل 2-5

2-1-5 طول المسار الاقني Through Chainage

هي المسافة الاقنية من ابتداء المشروع الانشائي . فشلا في الشكل 3-5 ، اذا كانت المسافة المقاسة
من 0 الى T_3 هي 2115.50 م فيقال بان طول المسار الاقني chainage في T_3 هو 2115.50 م .
فلو تقرر انشاء القوس $(T_3 - T_4)$ باستخدام اوتار طولها 10 م فان اول وتر سيكون شبه وتر
sub-chord قيمته 4.5 م . وهذه الطريقة فان طول المسار عند نهاية شبه الوتر سوف يكون بالارقام المدورة ، اي :

$$2115.50 + 4.50 = 2120 \text{ م.}$$

غالبا ما تعطي الاسئلة طول المسار عند I وتطلب طولي المسارين عند T_3 و T_4 . فطول المسار عند T_3
يحتسب بطرح طول العاس (IT_3) من طول المسار عند I ، بينما يحتسب طول المسار عند T_4 بجمع طول
القوس الى طول المسار الذي تم ايجاده مؤخرا عند T_3 . وهذا امر معقول طالما ان المنحني هو الطريق
قيد التنفيذ وان النقطة I هي مجرد موقع مستحدث للمساعدة في انشاء المنحني .



شكل 3-5

3-1-5 إنشاء منحني باستخدام مزواة وشريط مساحه

الطريقة التالية هي أكثر الطرق اتباطاً في إنشاء المنحنيات وتسمى طريقة الانحراف لرانكن أو طريقة زاوية التماسه ولتسميه الأخير هي أكثر دقة . في الشكل 4-5 يتم إنشاء المنحني بواسطة سلسلة من الأقمار (T_1X) و (XY) . الخ ، وهكذا يثبت الوتد 1 في X . بالتوجيه إلى I والمزواة تقرأ صفراً ، وتدويره بزاوية δ_1 وقياس طول الوتر (T_1X) على طول هذا الخط . ثم بجعل الجهاز يقرأ زاوية الانحراف الثاني سيعطي الاتجاه (T_1Y) ، ويثبت الوتد 2 بقياس طول الوتر (XY) من X حتى الالتقاء في Y ، وهكذا تتكرر العملية . فالزاوية يجري تعيينها من (T_1X) والأقمار تتأمن من المحطة السابقة . وهكذا من الضروري التمكن من احتساب زوايا الإنشاء δ كما يلي :

$$\Delta T_1O = 90^\circ - \delta_1$$

افرض ان (OA) ينصف الوتر (T_1X) وتعاهد عليه ، إذن :

$$\angle T_1O = 90^\circ$$

ولكن :

$$\therefore \angle T_1A = \delta_1$$

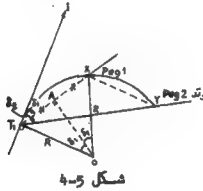
بواسطة الزوايا القطريه ، فان طول القوس (T_1X) يساوي $(R \cdot 2\delta_1)$.

$$\therefore \delta_1 \text{ rad.} = \frac{(T_1X) \text{ القوس}}{2R} \approx \frac{(T_1X) \text{ الوتر}}{2R}$$

$$\therefore \delta_1' = \frac{((T_1X) \text{ الوتر}) \times 180^\circ \times 60}{2R \cdot \pi}$$

$$\therefore \delta_1' = 1718.9 \times \frac{\text{الوتر}}{R}$$

... (2-5)



شكل 4-5

والآن سيجري حل مثال لتوضيح هذه القوانين :

مثال ، جعل امتداد خطي الوصل لمستقيمين يلتقيان في I ، حيث كانت زاوية الانحراف $30^\circ 00' 00''$ — فإذا أريد ايجاد المستقيمين بمنحني دائري نصف قطره 200 م . رتب كافة المعلومات اللازمة لإنشاء بفرض طول وتر مقداره 20 م طما بأن طول المسار chainage حد I هو 2259.59 م .

$$= R \tan A/2 = 200 \tan 15^\circ$$

$$= 53.59 \text{ م.}$$

الحل ، طول المسار :

$$= 2259.59 - 53.59 = 2206.00 \text{ m.}$$

اذن طول المسار عند T_1 :

اذن اول شبه وتر يساوي 14 م .

$$= R \cdot \Delta = 200 \times (30^\circ) \text{ rad.}$$

طول القوس الدائري :

$$= 104.72 \text{ m.}$$

ومن هذا يمكن استخراج عدد الاوتار .

م 14

اي ، اول شبه وتر يساوي :

م 20

كل من ثاني وثالث ورابع وخامس وتر يساوي :

م 10.72

شبه الوتر الاخير يساوي :

م 104.72 (يحقق) المجموع :

$$= 2206.00 + 104.72 = 2310.72 \text{ m.}$$

اذن طول المسار عند T_2

زوايا الانحراف :

$$= 1718.9 \times (14/200) = 120.3' = 2^\circ 00' 19'' \text{ لاول شبه وتر :}$$

$$= 1718.9 \times (20/200) = 171.9' = 2^\circ 51' 53'' \text{ للوتر النموذجي :}$$

$$= 1718.9 \times (10.72/200) = 92.1' = 1^\circ 32' 08'' \text{ لشبه الوتر الاخير :}$$

ملاحظات	زاوية الانشاء ° ' "	زاوية الانحراف ° ' "	طول المسار m.	طول الوتر m.	رقم الوتر n°
وتر 1	2 00 19	2 00 19	2206.00	14	1
وتر 2	4 52 12	2 51 53	2249.00	20	2
وتر 3	7 44 05	2 51 53	2260.00	20	3
وتر 4	10 35 58	2 51 53	2280.00	20	4
وتر 5	13 27 51	2 51 53	2300.00	20	5
وتر 6	14 59 59	1 32 08	2310.72	10.72	6

حسب

$$= \Delta/2 = 14^\circ 59' 59''$$

مجموع زوايا الانحراف :

$$\approx 15^\circ 00' 00''$$

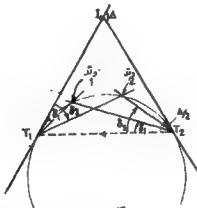
الخطأ في ذلك والبالغ ثانية واحدة ، هو بسبب تقريب الزوايا الى اقرب ثانية ، وهذا الخطأ عادة يعمل .

4-5- انشاء ضلعي باستخدام مزاوتين

حيث يكون قياس الوتر بالشرط غير ممكنا ، عندها يمكن انشاء الضلعي باستخدام مزاوتين في T_1 و T_2 على التوالي ، فتقاطع خطا النظر يعطي مواقع اوتاد الضلعي .

بالامكان شرح الطريقة بالرجوع الى الشكل 5-5 .

من زوايا الانحراف. من (T₁I) بالطريقة الاعتيادية ، ثم عين نفس الزوايا من T₂ من الجذر الرئيس (T₂T₁)
 نقطع الزوايا المتراكمة بمطوي موقع الوتد . في حالة عدم امكانية رؤية T₁ من T₂ ، سدد الى I
 ثم قس الزوايا ذات العلاقة (δ₁/4) و (δ₂/2- A/2) و ... الخ .



شكل 5-5

5-1-5 انشاء منحني باستخدام شريطين (طريقة الارزاعات الجانبية العمودية)

ان هذه الطريقة دقيقة نظريا ، ولكن في الواقع هناك اخطاء في القياسات تنتج عن المنحنى ، وطيه
 فانها عمودا تستخدم للمنحنيات الثانوية . في الشكل 5-6 ، الخط (OE) ينصف الجذر (T₁A) ، و
 قائمه ، وطيه فان :
 $\hat{E} \hat{T}_1 O = 90^\circ - \delta$
 $\hat{C} \hat{T}_1 A = \delta$

فالضلعان (C T₁A) و (E T₁O) متشابهان ، وطيه :

$$\frac{CA}{T_1 A} = \frac{T_1 E}{T_1 O} \quad , \quad \hat{C} \hat{T}_1 A = \hat{E} \hat{T}_1 O \quad \therefore \quad CA = \frac{T_1 E}{T_1 O} \times T_1 A$$

اي ان الارزاحة الجانبية (CA) :

$$CA = \frac{1}{2} \times \frac{(\text{الجذر}) \times (\text{الجذر})}{(\text{نصف القطر})} = \frac{(\text{الجذر})^2}{2R} \quad (5-4)$$

من الشكل 5-6 وعلى فرض ان (T₁A) يساوي (AB) و يساوي (AD) ، فان :
 والارزاحة الجانبية العمودية (DB) تساوي :

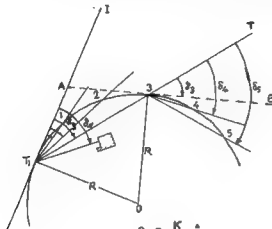
$$DB = 2 \cdot CA = \frac{(\text{الجذر})^2}{R} \quad (5-5)$$

اما الارزاعات الجانبية حول المنحنى وحتى T₂ فانها كلها تساوي (DB) . بينما اذا تطلب الامر فان
 الارزاحة الجانبية العمودية (BTJ) لتثبيت خط الاستقامة من T₂ يساوي (CA) .

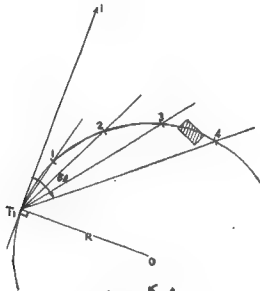
تكون طريقة انشاء المنحني كما يلي :

يكن تقريب المسافة (T₁) الى طول الجذر (T₁A) . قس هذه المسافة على طول العاشر لتثبيت C . ومن
 C وبواسطة ارزاحة جانبية قائمة الزاوية (CA) يثبت اول وعد في A . من (T₁A) الى D بمدها يثبت
 الوتد B بتعريض (AD) مسافة الارزاحة (DB) .
 ان ما جاء اعلاه يفرض افترا متساوية ، ولكن عندما يكون اول ولخروتر شبيهي وترين يجب ملاحظة ما يلي :

فافترض ان زاوية الانشاء لتعيين الوتر 4 هي معلومة ، وهكذا ينقل الجهاز الى الوتر 3 وترصد خلفا
النقطة T_1 بالزاوية تقرباً صفراً . ثم يقرب المنظار ليمطي الاتجاه (3-T) عندها تؤخذ زاوية الانشاء
 δ_3 لتعيين الوتر 4 ويتم قياس الوتر من 3 . والان يجري انشاء ما تبقى من المنحنى بالطريقة الاعتيادية .
أي تؤخذ δ_5 بواسطة المزاوة وتقاس مسافة الوتر من 4 الى 5 .



شكل 9-5



شكل 10-5

يمكن اثبات هذه الطريقة بسهولة بانشاء مماس بالوتر 3 ، وعليه :

$$\hat{A} T_1 3 = \hat{A} T_1 3 = \delta_3 = \hat{T} 3 B$$

فلو ان الوتر 4 كان قد عين بالانحراف من هذا المماس بالزاوية δ ، فالزاوية المطلوبة من (3T) ستكون :

$$\delta_3 + \delta = \delta_4$$

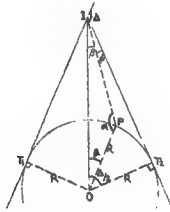
5-10 إنشاء منحنى عندما يكون عليه موانعا او عوارض (شكل 5-10)

- هذه الحالة يمنع العارض الموجود على المنحنى قياس الوتر من 3 الى 4 . وعندئذ :
 (ا) ينشأ المنحنى من T_2 الى العارض او
 (ب) ينشأ الوتر (T_1, T_2) مساويا لـ $(2R \sin \delta_4)$

5-10 امرار منحنى بنقطة معلومه (شكل 5-11)

الطلب ايجاد نصف قطر المنحنى الذى يمر بالنقطة P ، والتي موقعها محدد بالمسافه (IP) التي
 صنع زاوية ϕ مع العماس .
 اخذ المثلث (IPO)

(في المثلث القائم الزاويه (I T₂O))
 $\hat{\beta} = 90^\circ - \Delta/2 - \phi$
 $\sin \alpha = (IO/PO) \sin \beta$
 $IO = R \sec \Delta/2$
 ولكن :
 $\therefore \sin \alpha = \sin \beta \cdot \frac{R \cdot \sec \Delta/2}{R} = \sin \beta \cdot \sec \Delta/2$
 $\theta = 180^\circ - \alpha - \beta$
 $R = IP \cdot \frac{\sin \beta}{\sin \theta}$
 ثم ان :
 ثم بتطبيق قانون الجيوب :



شكل 5-11

5-11-1 المنحنيات المركبة والمعكوسه (شكل 5-12 و 5-13)

ولو ان قوانين حل المنحنيات المركبه والمعكوسه متوفرة لكه من الصعب تذكرها ، وعلى الطلاب
 معالجة السؤال كانه قوسين بسيطين بنقطة تماس مشتركة :
 في حالة المنحنى المركب (شكل 5-12) نعتب الاطوال الكليه للمماسين (T_1, I) و (T_2, I) كما يلي :

$$R_1 \times \tan \Delta_1/2 = T_1 t_1 = t_1 t$$

$$R_2 \times \tan \Delta_2/2 = T_2 t_2 = t_2 t$$

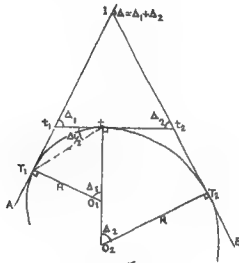
$$t_1 t_2 = t_1 t + t_2 t$$

كذلك :

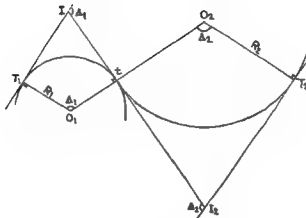
وحيث :

فانه بالإمكان حل المثلث $(t_1 I t_2)$ لإيجاد الطولين $(t_1 I)$ و $(t_2 I)$ والذان إذا اضيفا إلى الطولين المعلومين $(T_1 t)$ و $(T_2 t)$ على التوالي سمطينا طولى العاكسين الكليين .

في انشاء هذا المنحني ، يتم انشاء المنحني الأول R_1 بالطريقة الاعتيادية إلى النقطة t ، ثم تنقل المزواة إلى t وترصد النقطة T_1 خلفا ، حيث تقرأ الدائرة الأفقية في الجهاز الزاوية $(\Delta_1/2 - 360^\circ)$. وجه الجهاز بحيث يقرأ صفرا ، فانه سيتوجه إلى t_1 . اقلب المنظار فانه سيتوجه إلى الاتجاه المطلوب t_2 . وهكذا فالجهاز الآن موجه ويقرأ صفرا قبل البدء بانشاء المنحني R_2 .



شكل 5-12



شكل 5-13

- مثال 1 ، كان طول المماس لمنحني بسيط 202.12 م وزاوية الانحراف لوتر طوله 30 م هي $2^{\circ}18'$.
اوجد نصف القطر وزاوية الانحراف الكلي وطول المنحني وزاوية الانحراف النهائي . (جامعة لندن) .

الحل

$$2^{\circ}18' = 138' = 1718.9 \times \frac{30}{R}$$

$$\therefore R = 373.67 \text{ m.}$$

$$202.12 = R \tan \Delta/2 = 373.67 \tan \Delta/2$$

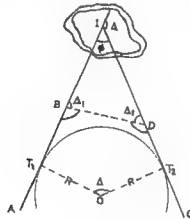
$$\therefore \Delta = 56^{\circ}49'06''$$

$$\text{طول المنحني} = R \times (\text{زوايا قطرية } \Delta) = 373.67 \times 0.991667 = 370.56 \text{ m.}$$

$$\text{باستخدام وتر يساوي 30 م فان شبه الوتر النهائي يساوي } 10.56 \text{ م.}$$

$$\text{اذن زاوية الانحراف النهائية : } 48.58' = 0^{\circ}48'35'' = \frac{138' \times 10.56}{30}$$

- مثال 2 ، الخطان المستقيمان (ABI) و (CDI) هما مماسان لمنحني دائري مزيج انشائه ذو نصف قطر طوله 1600 م . حيث ان طول كل من (AB) و (CD) يساوي 1200 م . ثم ان نقطة التقاطع لا يمكن الوصول اليها حيث لا يمكن قياس زاوية الانحراف بشكل مباشر ، اما الزاويتان في كل من B و D فقد قيستا كالتالي :
 $\hat{A} \hat{B} \hat{D} = 123^{\circ}48'$ ، $\hat{B} \hat{D} \hat{C} = 126^{\circ}12'$
والطول (BD) يساوي 1485.00 م .
اوجد المسافتين من A و C لنقطتي التماس على مستقيميها ، ثم اوجد زوايا الانحراف لانشاء اوتار طولها 30 م من احدى نقطتي التماس . (جامعة لندن)



شكل 5-14

الحل

رجوعاً الى الشكل 5-14 :

$$\Delta_1 = 180^{\circ} - 123^{\circ}48' = 56^{\circ}12'$$

$$\Delta_2 = 180^{\circ} - 126^{\circ}12' = 53^{\circ}48'$$

$$\therefore \Delta = \Delta_1 + \Delta_2 = 110^{\circ}00'$$

$$\phi = 180^{\circ} - \Delta = 70^{\circ}00'$$

$$= 1600 \tan 55^{\circ}00' \\ = 2285.00 \text{ m.}$$

طولا المماسين (IT_1) و (IT_2) يساويان $(R \cdot \tan \Delta/2)$ وتساوي :

وبطريقة قانون الجيوب بالنسبة للمثلث (BID)

$$BI = \frac{BD \cdot \sin \Delta_2}{\sin \phi} = \frac{1485.00 \times \sin 53^{\circ}48'}{\sin 70^{\circ}00'} = 1275.20 \text{ m.}$$

$$ID = \frac{BD \cdot \sin \Delta_1}{\sin \phi} = \frac{1485.00 \times \sin 56^{\circ}42'}{\sin 70^{\circ}00'} = 1314.00 \text{ m.}$$

$$AI = AB + BI = 1200 + 1275.2 = 2475.20 \text{ m.} \quad \text{وهكذا :}$$

$$CI = CD + ID = 1200 + 1314.0 = 2514.00 \text{ m.}$$

$$\therefore AT_1 = AI - IT_1 = 2475.20 - 2285.00 = 190.20 \text{ m.}$$

$$CT_2 = CI - IT_2 = 2514.00 - 2285.00 = 229.00 \text{ m.}$$

زاوية الانحراف لوتر طوله 30 م تساوي :

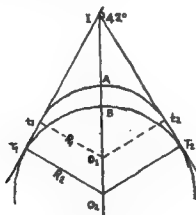
$$= 1718.9 \times \frac{30}{1600} = 32.23^{\circ} = 0^{\circ}32'14''$$

مثال 3 : منحني دائري نصف قطره 800 م . انشئ ليوصل مستقيمين بزاوية انحراف تساوي 42° .
وقد تقرر لامباب انشائيه ان تنتقل نقطة وسط المنحني مسافة 4 م باتجاه المركز ، اى تعتمد من نقطة التقاطع على ان تبقى استقامة المستقيمين ثابتة . اوجد :

- نصف قطر المنحني الجديد .
 - المسافتين بين نقطة التقاطع ونقطتي التماس الجديدتين .
 - زوايا الانحراف المطلوبه لانشاء اوتار بطول 30 م للمنحني الجديد .
 - طول شبه الوتر الاخير .
- (جامعة لندن)

$$AI = R_1 \cdot (\sec \Delta/2 - 1) = 800(\sec 21^{\circ} - 1) = 56.92 \text{ m.}$$

$$\therefore IB = IA + 4 \text{ m.} = 60.92 \text{ m.}$$



شكل 15-5

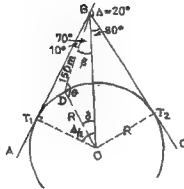
(a) وهكذا :
 $60.92 = R_2 \cdot (\sec 21^\circ - 1)$
 $R_2 = 856 \text{ m.}$
 ومنها :
 (b) طول المماس (IT_1) :
 $IT_1 = R_2 \tan \Delta/2$
 $= 856 \tan 21^\circ = 328.6 \text{ m.}$
 (c) زاوية الانحراف لوثر طوله 30 م :
 $= 1718.9 \times C/R$
 $= 1718.9 \times 30/856 = 1^\circ 00' 14''$
 (d) طول المنحني :
 $= R \cdot (\Delta \text{ زوايا قطريه}) = \frac{856 \times 42^\circ \times 3600}{206265} = 627.50 \text{ m.}$
 وطيه فان طول شبه الوتر الاخر يساوي 27.50 م .

مثال 4 : المطلوب انشاء خط وسط سكة حديد على طول وادي بحيث ان الاتجاه الزاوي لاول مستقيم (AI) يساوي 75° ، بينما الاتجاه الزاوي للمستقيم الموصل (IB) يساوي 120° . ولاسباب موقعية تقرر ايعال المستقيمين بضعتي مركب . يبدأ المنحني الاول ذو نصف القطر 500 م بالنقطة T_1 التي تقع على بعد 300 م من I على طول المستقيم (AI) ثم يتغير بزواية 25° قبل اتصاله بالمنحني الثاني . اوجد نصف قطر المنحني الثاني ، والمسافة بين نقطة التماس T_2 و I على المستقيم (B) .

الحل ، بالرجوع الى الشكل 5-12 :
 $\Delta = 45^\circ$ ، $\Delta_1 = 25^\circ$ ، $\Delta_2 = 20^\circ$
 طول المماس $\{T_1 t_1\}$:
 $T_1 t_1 = R_1 \cdot \tan \Delta_1/2$
 $= 500 \tan 12^\circ 30' = 110.80 \text{ m.}$
 في المثلث $(t_1 I t_2)$ ، زاوية $t_1 I t_2$ تساوي :
 $t_2 I t_1 = 180^\circ - \Delta = 135^\circ$
 $It_1 = T_1 I - T_1 t_1 = 300 - 110.8 = 189.20 \text{ m.}$
 والطول $\{It_1\}$ يساوي :
 $t_1 t_2 = \frac{It_1 \cdot \sin t_2 I t_1}{\sin \Delta_2} = \frac{189.20 \sin 135^\circ}{\sin 20} = 391.20 \text{ m.}$
 بواسطة قانون الجيوب :
 $I t_2 = \frac{It_1 \cdot \sin \Delta_1}{\sin 20^\circ} = \frac{189.20 \sin 25^\circ}{\sin 20^\circ} = 233.80 \text{ m.}$
 $\therefore t t_2 = t_1 t_2 - T_1 t_1 = 391.20 - 110.80 = 280.40 \text{ m.}$
 $\therefore 280.40 = R_2 \cdot \tan \Delta_2/2 = R_2 \cdot \tan 10^\circ$
 $\therefore R_2 = 1590.00 \text{ m.}$
 فالمسافة (IT_2) :
 $IT_2 = It_2 + t_2 T_2 = 233.80 + 280.40 = 514.20 \text{ m.}$

مثال 5 : يتقاطع المستقيم (BA) ذو الاتجاه الزاوي 270° مع المستقيم (BC) ذو الاتجاه الزاوي 110° في نقطة B . كان مقر توصيل المستقيمين بضعتي دائري الذي يجب ان يمر بنقطة D التي تبعد 150 م من B ، حيث ان الاتجاه الزاوي لـ (BD) هو 260° . اوجد نصف القطر المطلوب وطولي المماسين وطول المنحني وزاوية الانشاء لوثر طوله 30 م . (جامعة لندن)

الحل ، رجوعا الى الشكل 5-16 ،



شکل 5-16

من الاتجاهات الزاوية ، زاوية الرأس تساوي : $270^{\circ} - 110^{\circ} = 160^{\circ}$

$\therefore \Delta = 20^\circ$

$$D \hat{B} A = 10^\circ$$

$$\therefore \angle B D = \beta = 70^\circ$$

(من الاتجاهات الزاوية)

في المثلث (BDO) وبواسطة قانون الجيوب :

$$\sin \theta = \frac{OB}{OD} \cdot \sin \beta = \frac{R \cdot \sec \Delta/2}{R} \cdot \sin \beta = \sec \Delta/2 \cdot \sin \beta$$

$$\therefore \sin \theta = \sec 10^\circ \times \sin 70^\circ$$

$$\therefore \theta = \sin^{-1}(0.954190) = 72^{\circ}35'25''$$

$$(180^\circ - (72^\circ 35' 25'')) = 107^\circ 24' 35''$$

39

بفحص الأرقام يتبين بأن ٨ يجب أن تكون أقل من 10 .

$$\therefore \theta = 107^{\circ}24'35''$$

$$\delta = (180 - (\theta + \beta)) = 2^{\circ}35'25''$$

$$DO = R = \frac{DB \cdot \sin \beta}{\sin \delta} = \frac{150 \sin 70^\circ}{\sin 2^\circ 35' 25''}$$

بواسطة قانون الجيوب :

$$\therefore R = 3119.00 \text{ m.}$$

$$= R \cdot \tan \Delta/2 = 3119 \tan 10^\circ = 550.00 \text{ m.}$$

طول المماس :

$$= R \times (\Delta \text{ زوایا قطریه}) = \frac{3119 \times 20^\circ \times 3600}{206265}$$

طول المنحنى :

$$= 1718.9 \quad \times \frac{30}{3119} = 0^{\circ}16'32''$$

زاوية الانحراف لوتر طوله 30 م :

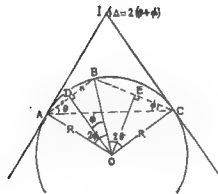
مثال 6 : اوجدانتي نقطتين B و C بالامتار نسبة الى A هي :

النقطة B : 500 N , 470 E

النقطة C : 550 N , 770 E

احسب نصف قطر المنحني الدائري الذي يمر بالنقاط الثلاثة و اوجدانتي نقطة التقاطع I باعتبار A و C هما نقطتا تماس للمنحني .

الحل : رجوعا الى الشكل 17-5 ،



شكل 17-5

بطريقة الاحداثيات :

$$= \tan^{-1} \frac{470 \text{ E}}{500 \text{ N}} = 43^\circ 14' \quad ; \quad \text{الاتجاه الزاوي ل (AB) يساوي :}$$

$$= \tan^{-1} \frac{770 \text{ E}}{550 \text{ N}} = 54^\circ 28' \quad ; \quad \text{الاتجاه الزاوي ل (AC) يساوي :}$$

$$= \tan^{-1} \frac{300 \text{ E}}{50 \text{ N}} = 80^\circ 32' \quad ; \quad \text{الاتجاه الزاوي ل (BC) يساوي :}$$

$$= 500 / \cos 43^\circ 14' = 686 \text{ m.} \quad ; \quad \text{المسافة (AB) تساوي :}$$

$$\hat{BAC} = \theta = 11^\circ 14'$$

$$\hat{BCA} = \phi = 26^\circ 04'$$

من الاتجاهين الزاويين ل (AB) و (AC) :

من الاتجاهين الزاويين ل (CA) و (CB) :

كتحقيق الزاوية المتبقية المحتسبة من الاتجاهين الزاويين لـ (BA) و (BC) تساوي $142^{\circ}42'$ وهذا
الجمع يكون الناتج 180° .
في المثلث قائم الزاوية (DOB) :

$$OB = R = \frac{DB}{\sin \phi} = \frac{343}{\sin 26^{\circ}04'} = 781 \text{ m.}$$

وبالامكان تدقيق هذه النتيجة الآن من خلال المثلث (OEC) :

$$\Delta = 2(\phi + \theta) = 74^{\circ}36'$$

° . AI = R . tan $\Delta/2$ = 781 tan $37^{\circ}18'$ = 595 m.

فالاتجاه الزاوي لـ (AI) يساوي الاتجاه الزاوي لـ (AC) ناقصا ($\Delta/2$) ويساوي :

$$= 54^{\circ}28' - 37^{\circ}18' = 17^{\circ}10'$$

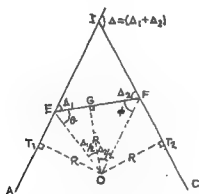
اذن احداثيات I تساوي :

$$= 595 \frac{\sin}{\cos} 17^{\circ}10' = + 569 \text{ N} , + 176 \text{ E}$$

مثال 7 ، يتصلل المستقيمان (AEI) و (CFI) اذان اتجاههما الزاوي هما 35° و 335°
على التوالي بمستقيم من E الى F . حيث ان احداثيات كل من E و F بالامطار هي :
احداثيات E : 341.45 N , 600.36 E
احداثيات F : 466.85 N , 850.06 E

اوجد نصف قطر المنحني الذي يصل بينهما والذي سيكون في حالة تماس مع كل من الخطوط (AE) و (CF) . اوجد ايضا احداثيات النقاط I , T₁ و T₂ التي تمثل نقطة التقاطع ونقطتي التماس على التوالي .

الحل ، رجوعا الى الشكل 5-18 :



شكل 5-18

الاتجاه الزاوي لـ (AI) يساوي 35° واتجاه (IC) الزاوي يساوي :

$$= 335^{\circ} - 180^{\circ} = 155^{\circ}$$

$$\Delta = 155^{\circ} - 35^{\circ} = 120^{\circ}$$

بطريقة الاحداثيات ، الاتجاه الزاوي لـ (EF) يساوي :

$$= \tan^{-1} \frac{249.70 \text{ E}}{125.40 \text{ N}} = 63^{\circ}20'$$

طول (EF) يساوي :

$$= 249.70 / \sin 63^{\circ}20' = 279.42 \text{ m.}$$

من الاتجاهين الزاويين (AI) و (EF)، الزاوية (IEF) تساوي : $\Delta_1 = 63^\circ 20' - 35^\circ = 28^\circ 20'$

ومن الاتجاهين الزاويين (CI) و (EF)، الزاوية (IFE) تساوي $\Delta_2 = 155^\circ 00' - 63^\circ 20' = 91^\circ 40'$

$$\Delta_1 + \Delta_2 = 120^\circ 00' 00'' \text{ (يحقّق)}$$

$$\hat{F E O} = 90^\circ - \Delta_1/2 = \theta = 75^\circ 50' \quad \text{في المثلث (EFO):}$$

$$\hat{E F O} = 90^\circ - \Delta_2/2 = \phi = 44^\circ 10'$$

$$EG = GO \cot \theta = R \cot \theta$$

$$GF = GO \cot \phi = R \cot \phi$$

$$\therefore EG + GF = EF = R (\cot \theta + \cot \phi)$$

$$\therefore R = \frac{EF}{\cot \theta + \cot \phi} = \frac{279.42}{\cot 75^\circ 50' + \cot 44^\circ 10'} = 217.97 \text{ m.}$$

$$\therefore ET_1 = R \tan \Delta_1/2 = 217.97 \tan 14^\circ 10' = 55.02 \text{ m.}$$

$$FT_2 = R \tan \Delta_2/2 = 217.97 \tan 45^\circ 50' = 224.40 \text{ m.}$$

الاتجاه الزاوي لـ (ET₁) يساوي : $215^\circ 00' 00''$

الاتجاه الزاوي لـ (FT₂) يساوي : $155^\circ 00' 00''$

اذن احداثيات T₁ تساوي:

$$= 55.02 \frac{\sin}{\cos} 215^\circ 00' 00'' = -31.56 \text{ E, } -45.07 \text{ N}$$

$$N = 341.45 - 45.07 = 296.38 \text{ m.} \quad \text{اذن مجموع احداثيات T₁ :}$$

$$E = 600.36 - 31.56 = 568.80 \text{ m.}$$

$$\text{وبنفس الطريقة احداثيات T₂ تساوي : } 224.40 \frac{\sin}{\cos} 155^\circ 00' 00'' = +98.84 \text{ E, } -203.38 \text{ N}$$

$$N = 466.85 - 203.38 = 263.47 \text{ m.} \quad \text{اذن مجموع احداثيات T₂ :}$$

$$E = 850.06 - 98.84 = 944.90 \text{ m.}$$

$$T_1 I = R \tan \Delta/2 = 217.97 \tan 60^\circ = 377.54 \text{ m.}$$

الاتجاه الزاوي لـ (T₁I) يساوي : $35^\circ 00' 00''$

$$= 377.54 \frac{\sin}{\cos} 35^\circ 00' 00'' = +216.55 \text{ E, } 309.26 \text{ N} \quad \text{اذن احداثيات I تساوي :}$$

$$N = 321.23 + 309.26 = 630.49 \text{ m.} \quad \text{اذن مجموع احداثيات I :}$$

$$E = 586.20 + 216.55 = 802.75 \text{ m.}$$

وبالامكان تحقيق احداثيات I عن طريق (T₂I).

(1) في مشروع تخطيط مدنيه ، وجب تقاطع طريق عرضه 9 م مع اخر عرضه 12 م بزاوية 60° ، حيث ان كلا الطريقين مستقيمان . كما قد وجب ايصال الرصيفين اللذان يكونان زاوية حاده بمنحني دائري نصف قطره 30 م والرصيفان اللذان يكونان زاوية منفرجه بمنحني دائري نصف قطره 120 م . اوجد المسافات المطلوبة لتحسين نقاط التماس الاربعه .
اشرح كيف تنفي المنحني الاكبر بطريقة زاوية الانحراف ثم رتب في جدول الزوايا لاوتار طولها 15 م .
(الجواب : 75 ، 62 ، 62 ، 72 ، 62 ، 8 تساوي 35°) (جامعة لندن)

(2) ينحرف المستقيم (BC) بزاوية 24° عن المستقيم (AB) ، وقد وجب ايصالهما بمنحني دائري يمر بنقطة P التي تبعد 200 م عن B و 50 م عن (AB) . اوجد طول التماس وطول المنحني وزاوية الانحراف لوتر طوله 30 م . (جامعة لندن)
(الجواب : R يساوي 3754 م ، IT يساوي 798 م ، طول القوس 1572 م ، زاوية الانحراف $14^\circ 0'$)

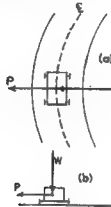
(3) كان لمنحني معكوس ان يبدأ من النقطة A وينتهي في C حيث فيه تنحرف في الانحناء في نقطة B كما ان الوترين (AB) و (BC) يساويان 661.54 م و 725.76 م على التوالي ، كذلك فان نصفي القطرين يساويان 1200 م و 1500 م على التوالي . وبالنظر لعدم انتظام مستوى الارض فقد تقرر استخدام مزوايتين بدون شرط او سلسله . اوجد التملجات المطلوبة للانشاء و اشرح الخطوات في الحقل . (جامعة لندن)
(الجواب : طول التماسان 344.09 م و 373.99 م ، طول المنحني 670.2 م و 733.00 م لكل وتر طوله 30 م ، δ_1 تساوي $0^\circ 42' 54''$ و δ_2 تساوي $0^\circ 34' 30''$.)

(4) يتقاطع مستقيمان فيصنعان زاوية انحراف مقدارها $59^\circ 24'$ حيث ان طول المسار chaignage عند نقطة التقاطع يساوي 880 م ، وكان من المقرر ايصال المستقيمان بمنحني بسيط يبدأ من طول مسار 708 م . فاذا استخدم في الانشاء وتر طوله 30 م على اساس المسار الاتقي الفعلي بطريقة الارحات الجانبية لامتداد الوتر . اوجد اول ثلاثة ارحات جانبية ، وكذلك اوجد طول المسار لنقطة التماس الثاني و اشرح ، بواسطة رسم مخططات ، طريقة الانشاء .
(الجواب : 0.066 ، 1.806 ، 2.985 م ، 864.3 م)

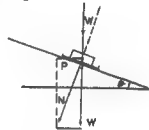
(5) كان من المقرر انشاء منحني دائري نصف قطره 250 م ليوصل بين مستقيمين ، ولكنه تبين في بداية العمل بان نقطة التقاطع لا يمكن الوصول اليها . اشرح كيف يمكن في هذه الحالة ايجاد الزاوية التي ينحرف بها المستقيم من الذي يسبقه وكيفية ايجاد موقعي التماسين بدقه ، مع احتساب طولي مساريهما . بفرض ان طولي مساري نقطتا التماس هما 502.2 م و 728.4 م ، و اشرح الاسلوب المتبع في انشاء اول ثلاث اوتاد على المنحني بواسطة المزواة (تقريبا 20°) و شرط مساحه حديدي من اول نقطة تماس وبفترات طولها 30 م من المسار الاتقي ، وبين الحسابات الضرورية ، فلو وجد انه من غير الممكن انشاء اوتاد اخرى على القوس من اول نقطة تماس بسبب موافق بينها وبين الاوتاد ، و اشرح طريقة (بدون استخدام نقطة التماس الثانية) لتحسين الوتر الرابع والاوتاد التي عليه . ليس هناك مطلوب حسابات اخرى . (جمعية المهندسين المدنيين البريطانية)

(الجواب : $03^\circ 11' 10''$ و $06^\circ 37' 20''$ و $10^\circ 03' 40''$)

- منحني الانتقال هو منحني بنصف قطر دائم التغير. إذا استخدم لا يحال مستقيم بنصف قطر R ، يكون نصف قطر بداية المنحني هو نفسه للمستقيم (∞) ويكون نصف قطر نهاية المنحني هو نفس نصف قطر المنحني R .
- خذ منحنيًا ، وعبره تصير بسرعة V على المستقيم ، فالقوى المؤثرة على المركبة ستكون وزنها W المؤثرة شاقوليا إلى الأسفل وقوة مسابيه ومماكسه تؤثر شاقوليا إلى الأعلى من خلال الفرامل . فعندما تدخل المركبة في المنحني ذي نصف القطر R عند نقطة التماس T_1 سوف يكون هناك قوة مركسة $Gentrifugal$ force إضافية P تؤثر على المركبة كما هو مبين في الشكلين 19-5 و 20-5 .



شكل 19-5



شكل 20-5

- فإذا كانت P كبيرة ، ستضطر المركبة إلى الخروج من المنحني ويمكن أن تتزلق أو تتقلب . في الشكل 20-5 يتبين بأن محصلة هاتين القوتين هي N ، وإذا كان الطريق قد أُعطِيَ ميلا إضافيا عموديا على هذه القوة سوف لا يكون هناك احتمال انزلاق للمركبة ، ويجب ملاحظة أنه حيث :
- $$P = W \cdot V^2 / R \cdot g \quad \dots (11-5)$$

- فإن الميل الإضافي $superelevation$ للطريق سوف يلغي تأثير P فقط عند سرعة تصميمية تساوي V ، وعليه في الواقع فإن الميل الإضافي للطريق سوف يقلل من تأثير P بسبب تغير سرعة المرور .

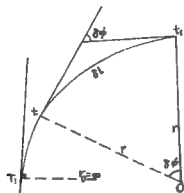
- الغاية من منحني الانتقال إذن هي :
- تحقيق تغيير تدريجي للاتجاه من المستقيم (بنصف قطرها لانهاية) إلى المنحني (بنصف قطر R) .
 - السماح بتطبيق الميل الإضافي $superelevation$ تدريجيا لموازنة القوة المركزية .
- وحيث أن ليس بالإمكان إلغاء القوة P ، عليه يصعب لها حساب بالسماح للميل الإضافي بالازدياد بانتظام على طول المنحني . من المعادلات (11-5) و حيث أن P تتناسب عكسيا مع R ، فالمطلب الرئيس لمنحني الانتقال المثالي هو أن نصف القطر يجب أن ينقص بانتظام بازدياد المسافة على طوله .

كما وان هذا المطلب يساعد ايضا في التطبيق التدريجي للميل الاضافي ، وهكذا : (كمثابته) $c = 1/r$.
 $\therefore 1/c = 1/r$

من الشكل 21-5 ، (tt_1) هو جزء متناهي الصغر من منحنى الانتقال (δl) ذو نصف قطر r وهكذا :

$$\delta l = r \cdot \delta \phi \quad , \quad \therefore 1/r = \delta \phi / \delta l$$

والتي تعطي عند التمهيش في املاء :



شكل 21-5

وباجراء التكامل : $1 = (2 \phi / c)^{1/2}$ ، $\phi = 1^2 / 2c$ ، وجعل a تساوي $(2c)$:

$$1 = a (\phi)^{1/2} \quad \dots (12-5)$$

وعندما : $a = (2 R L)^{1/2}$ ، $c = R L$ ، يكون بالامكان كتابة المعادلة (12-5) كما يلي :

$$1 = (2 R L \phi)^{1/2} \quad \dots (13-5)$$

والتعابير املاء هي خاصة بمنحنى الكلوثيرد Clothoid والذي يطلق عليه احيانا حلزون يولر Euler Spiral وهو الاكثر استخداما في تصميم الطرق .

2-2-5 تصميم المنحنيات Curve Design

=====

متطلبات تصميم منحنيات الانتقال هي :

(a) قيمة اقل نصف قطر مأمون R .

(b) طول المنحنى L .

ولاجل احتساب نصف القطر المأمون R ، نعتصب اولاً (P/W) النسبة الممر كزيسه centrifugal ratio من المعادلة 11-5 وهكذا :

$$P/W = V^2 / Rg \quad \dots (14-5)$$

حيث ان V هي السرعة التصميمية بالمتر / ثانية (m/s) و g هي التمجيل الارضي بالمتر / ثانية تربيع (m/s^2) و R هو اصغر نصف قطر مأمون بالامتار m ، وعندما تكون V بالكيلومترات / ساعه (Km/h)

$$P/W = V^2 / 127 R$$

فان التعبير يصبح :
 $\dots (15-5)$

والقيم الشائعة للنسبة الممركية هي :

0.21 الى 0.25 للطرق و 0.125 لخطوط السكك الحديدية ، فعلا اذا كانت (P/W) تساوي 0.25

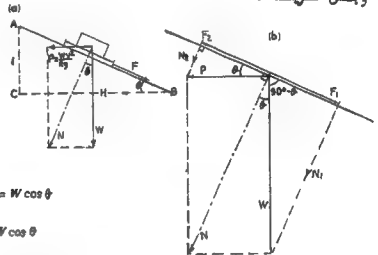
و V تساوي 50 كم / ساعة ، فان R تساوي : $R = \frac{50^2}{127 \times 0.25} = 79 \text{ m.}$ وبالمكان انشاء ، باى قيمة تساوى او تزيد على هذه .

كذلك ، يوضح الشكل 22a-5 طريقة تمثيل حوض منحنى ذو ميل اضافي super-elevation انشأ بشكل صحيح ، محصلة القوتين فيه هي N . تؤثر القوة F باتجاه مركز المنحني وهي قوة الاحتكاك المفيدة من قبل فرامل السيارة على سطح الطريق . وهذه القوة مبنية بتفصيل اكثر في الشكل 22b-5 والذي فيه يمكن اثبات ان :

$$F_2 = \frac{W V^2}{R g} \cos \theta , F_1 = W \cos (90^\circ - \theta) = W \sin \theta$$

$$\therefore F = F_2 - F_1 = \frac{W V^2}{R g} \cos \theta - W \sin \theta$$

وبنفس الطريقة :



شكل 22-5

وعليه :

$$N_2 = \frac{W V^2}{R g} \sin \theta , \quad N_1 = W \cos \theta$$

$$\therefore N = N_2 + N_1 = \frac{W V^2}{R g} \sin \theta + W \cos \theta$$

$$\frac{F}{N} = \frac{\frac{W V^2}{R g} \cos \theta - W \sin \theta}{\frac{W V^2}{R g} \sin \theta + W \cos \theta} = \frac{\frac{V^2}{R g} \cos \theta - \sin \theta}{\frac{V^2}{R g} \sin \theta + \cos \theta}$$

وبسبب متطلبات وزارة النقل⁽¹⁾ Ministry of Transport (M.O.T.) فان اعلى قيمة ل (tan theta)

تساوى 1 الى 14 1/2 وهذا يساوى 0.069 . كذلك ، بما ان (V^2/Rg) لا يمكن ان تزيد على 0.25 فان

المقدار في مقام الكسر يمكن اهماله وبذلك :

$$\frac{F}{N} = \frac{V^2}{R g} - \tan \theta = \frac{V^2}{127 R} - \tan \theta \quad \dots (16-5)$$

ولفرض منع المركبة من الانزلاق جانباً ، يجب ان يزيد المقدار (F/N) على قيمة معامل الاحتكاك بين

الفرملة والطريق لـ . في الوقت الذى يصطلي مختبر بحوث الطرق قيمة لـ 0.15 ، يمكن

استخدام قيمة 0.18 الى حد سرعة 50 كم / ساعة ، وهكذا :

$$\frac{V^2}{127 R} - \tan \theta \geq 0.15 \quad \dots (17-5)$$

فعلى سبيل المثال اذا كانت السرعة التصميمية 100 كم / ساعة وحدد الميل الاضافي بالطريق بـ 1 الى

$$14 \frac{1}{2} \text{ (اى } 0.069) \text{ و } \frac{V^2}{127 R} = 0.069 + 0.15$$

$$\therefore R = 360 \text{ m.}$$

بالامكان الاثبات بان اذا اخذ الميل الاضافي دائما ك 1 الى 14½ فان هذه الطريقة ستكون
مماثلة الى الحالة السابقة .

Length of Transition Curve

3-2-5 طول منحنى الانتقال

اكثر الطرق شيوعا استعمالها هي "طريقة معدل تطبيق الميل الاضافي Rate of Application

• of Superelevation

$$\tan \theta = V^2 / Rg = 1 : H$$

من مثلث القويقي الشكل 22a-5 :

$$H = \frac{Rg}{V^2} = \frac{127 R}{V^2}$$

وهكذا :

حيث ان V هي السرعة التصميمية بالكيلومتر / ساعة (Km/h) .

مع ذلك فان وزارة النقل تتصح باستخدام معدل السرعة بدلا من السرعة التصميمية معطية ثابتا جديدا
مقداره 314 ، وهكذا :

الميل الاضافي superelevation يساوى 1 الى $(\frac{314 R}{V^2})$

ان هذه القيمة للميل الاضافي تقام حوالي (40%) من النسبة الممركية ويجب ان لا تزيد على 1 الى 14½ .
اما في الطرق السريعة Motorways فيجب ان يطبق الميل الاضافي على طول المنحنى بمعدل
1 الى 200 ، وبمعدل 1 الى 100 للطرق ذات الاستخدامات المتعدده ، وبمعدل 1 الى 480
لخطوط السكك الحديدية .

هنالك طريقة ثانية وهي استخدام القيم المستحصلة من قبل و.ه.شورت W.H.Shortt الخاصه بمعدل
تفسير التمجيل المركزي او القطري (q) rate of change of centripetal acceleration
الذى لا يكون ملحوظا من قبل المسافرين عند ركوب خطوط السكك الحديدية . اعلى قيمة تم التوصل اليها
كانت $(1ft/s^3)$ ، ولو ان قيمة مقدارها $(2ft/s^3)$ كانت غالبا ما تستخدم لتمطي انصاف الحلزون .
والقيم المتريه التي تعطى الان الى q هي 0.3 ، 0.45 و 0.6 متر / ثانية تكعيب (m/s^3) حيث ان :

$$q = \frac{V^3}{R L} \quad \text{و} \quad L = \frac{V^3}{Rq} = \frac{V^3}{3.6 Rq} \quad (18-5)$$

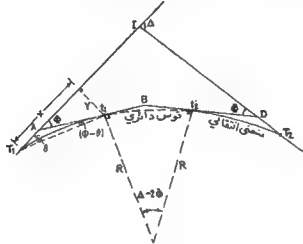
حيث ان V هي السرعة التصميمية هي بالكيلومتر / ساعة (Km/h) وبقية الوحدات بالامتار . مع ان هذه الطريقة
تستخدم في تصاميم الطرق لكنها وجدت خصيصا للسكك الحديدية وعليه فانها تتخذ بشيء من التكرار
من قبل بعض المهندسين . كما ان هناك اسلويا اخرى يعتمد على الناحية الشكلية (الجمالية) للحنينيات
ولكنه ليس من المحتمل ان يكون مسؤولا امتعانيا .

Setting out Data

4-2-5 معلومات الانشاء

يبين الشكل 23-5 الخضية السائده لمستقيمين متدين الى الامام ليتقاطعا في I مع منحنى الانتقال
(الكلوئيد Clothoid) الذى يبدأ من نقطة التماس T_1 ويصل بالقرس الدائري في T_2 . اما منحنى

الانتقال الثاني المماثل لبيدأ من T_2 ويتصل عند T_1 . وهكذا فالمنحني المركب من T_1 الى T_2 يتألف من قوس دائري مع قوس انتقال عند كل من الدخول والخروج .



شكل 23-5

تثبيت نقطتي التماس T_1 و T_2 :

لأجل تثبيت T_1 و T_2 يتم قياس كل من المستقيمين (T_1I) و (T_2I) ابتداءً من نقطة I رجوعاً الى الأسفل .

$$T_1I = T_2I = (R + S) \tan A/2 + C \quad \dots (19-5)$$

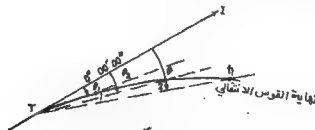
حيث أن S هي مقدار الرفع shift وتساوي :

$$S = L^2/24 R - L^4/3! \times 7 \times 8 \times 2^3 R^3 + L^6/5! \times 11 \times 12 \times 2^5 R^5 - L^8/7! \times 15 \times 16 \times 2^7 R^7 + \dots$$

$$C = L/2 - L^3/2! \times 5 \times 6 \times 2^2 R^2 + L^5/4! \times 9 \times 10 \times 2^4 R^4 - L^7/6! \times 13 \times 14 \times 2^6 R^6 + \dots$$

إنشاء منحنيات الانتقال (شكل 24-5) Setting out the Transitions

تثبت البرؤة في نقطة T ويوجه الى I حيث تقرأ الدائراً لاقية للجهاز صفراً . بعدها يجرى تثبيت أوتاد منحني الانتقال باستخدام زوايا انحراف وأجار (طريقة رانكين Rankine's Method) بنفس الطريقة المتبعة في المنحني البسيط .



شكل 24-5

تحتسب المعلومات كما يلي :

- (a) يحتسب طول منحنى الانتقال L (انظر عوامل التصميم) ، افترض ان L يساوى 100 .
 (b) بعدها يجرأ الى (قل عشرة اجزاء) طول الواحد منها 10 م ، باهمال المسار الاقني فان
 أطوال الاوتار المكافئة equivalent chord length تحتسب من :

$$A = \frac{A^3}{24 R^2} + \frac{A^5}{1920 R^4} \quad \text{حيث } A \text{ هو طول القوس}$$

(c) تحتسب زوايا الانشاء θ_1 و θ_2 و ... و θ_n كما يلي :

$$1 = (2 R L \phi)^{\frac{1}{2}} \quad \text{المعادلة الاساسية للمنحنى الكلوثيرد هي :}$$

$$\theta = \frac{1^2}{2 R L} = \frac{L}{2R} \quad \text{(عندما } 1 \text{ يساوى } L \text{)}$$

حيث ان 1 هي اية مسافة على طول منحنى الانتقال غير المسافة الكلية L .

$$\theta = \frac{\theta}{3} = 8 \frac{\theta}{2835} = 32 \frac{\theta}{467775} - \dots \dots \dots \text{ عليه}$$

$$= \frac{\theta}{3} = N$$

حيث تؤخذ N من الجداول ، وتتباين بالقيمة بين 0.1 عندما $(\theta = 3^\circ)$ الى 41.3 " 34' عندما $(\theta = 86^\circ)$.
 والان :

$$\phi_1 / \theta = \frac{1^2}{L^2} \quad \text{(حيث } 1 \text{ يساوى طول الوتر ويساوى قل } 10 \text{)}$$

$$\phi_1 = \theta \left(\frac{1^2}{L^2} \right)$$

كذلك :

$$\theta_1 = \phi_1 / 3 = N_1$$

وبنفس الطريقة :

$$\phi_2 = \theta \left(\frac{1^2}{L^2} \right) \quad \text{(حيث } 1_2 \text{ تساوى } 20 \text{)}$$

ثم

$$\theta_2 = \phi_2 / 3 = N_2$$

وهكذا

يجب على الطلبة ملاحظة ما يلي :

- (1) قيم 1_1 و 1_2 و . . . الخ هي قيم تراكمية accumalatives .
- (2) وطيه فالقيم المستحصلة θ_1 و θ_2 و . . . الخ هي زوايا الانشاء النهائي ، ويدها ناه لا يمكن فرضها .
- (3) ولوان طول الوتر المستخدم هو تراكميا ، ولكن طريقة الانشاء لاتزال ماثلة لانشاء المنحنى البسيط .

انشاء قوس دائري t_1 t_2 Setting out Circular Arch

ل اجل انشاء القوس الدائري من الضروري اولا تعيين اتجاه العمار (t_1, t_2) (شكل 5-23) حيث ثبتت الزوايا
 في t_1 وتوجه خلفا الى T بالدائرة الافقية تقراً ($\theta - \theta$) ($360^\circ - \theta$) ، بعدها يسفر الجهاز
 ويقلب المنظار transited . ولان يوجه بالاتجاه (t_2, B) حيث تقراً الدائرة الافقية فيه مسرراً قبل البدء
 بانشاء القوس الدائري البسيط . تصمى الزاوية $(\theta - \theta)$ بالزاوية الخلفية لنقطة الاصل
 Back angle to the origin ويمكن ان يسفر عنها بمايلي : $\theta = \theta / 3 - N$

$$\therefore (\theta - \theta) = \theta - (\theta / 3 - N) = (2/3) \theta + N$$

وهذه يمكن الحصول عليها من الجداول مباشرة .

اما بقية المعلومات الخاصة بالانشاء فتحتسب كما يلي :

- (a) لما كان كل منحنى انتقال يمتص زاوية θ فان الزاوية المقابلة للقوس الدائري تساوى $(\Delta - 2\theta)$.
 (b) طول القوس الدائري $(\Delta - 2\theta)$ (R) الذي سينقسم الى اطوال الاوتار المطلوه c .

(c) بعدها تتشأ زاوية الانحراف $(\delta = 1718.9C/R)$ من المماس (t_1, B) بالطريقة الاعتيادية .

إما قوس الانتقال الثاني فمن المفضل ان يتشأ من T_2 الى t_2 . فالانشاء من t_2 الى T_2 يتضمن اسلوب دائرة التماس Osculating Circle ، راجع الفقرة 5-2-9 .

ان قوانين منحنيات الانتقال من نوع الكلوثويد انفة الذكر يجري استخراجها بموجب اخر جداول منحنيات الانتقال الخاصة بالطرق (مترية) المعدة من قبل جمعية مساحي البلديات

County Surveyors Society . ولما كانت المعادلات الدخلة في الانشاء معتدلة ، فان المعلومات تؤخذ عادة من الجداول مباشرة ، وعليه فانه من غير المحتمل اذن ان يؤلف الكلوثويد سوى الا امتحانها . مع ذلك فان التقريب للمعادلات المستخرجة ينتج قوسي انتقال اخرين اللذين يجب تذكرهما (انظر فقره 5-2-5) .

في حالة الكلوثويد ، فالشكل 5-23 يبين الاراحة Y في نهاية قوس الانتقال على مسافة X على طول المستقيم ، حيث :

$$X = L - L^3/5 \times 4 \times 2!R^2 + L^5/9 \times 4^2 \times 4!R^4 - L^7/13 \times 4^3 \times 6!R^6 + \dots \quad (20-5)$$

$$Y = L^2/3 \times 2R - L^4/7 \times 3! \times 2^3R^3 + L^6/11 \times 5 \times 2^5R^5 - L^8/15 \times 7! \times 2^7R^7 + \dots \quad (21-5)$$

يتشأ قوس الكلوثويد دائما بواسطة زوايا الانحراف ، ولكن قيم X و Y تكون مفيدة في حالة رسم كذا اقواس بتقاييس كبسيرة .

5-2-5 الحلزون التكميبي والقطع المكاني التكميبي Cubic Spiral and Cubic Parabola

التقريب لقانوني منحني الكلوثويد ينتج الحلزون التكميبي والقطع المكاني التكميبي ، والاخير يستخدم في اعمال الصلابة الحديدية والافاق بسبب سهولة انشائه بواسطة الارشادات الجانبية offsets ، كما وان الحلزون التكميبي يمكن استخدامه في الطرق الفرعية كدليل للفرجات قبل البدء بالانشاء الكلوثويد او كتعقيل لحسابات الكلوثويد .

$$Y = L^2 / 6R$$

يعطي التقريب للمعادلة (21-5) :

$$Y = L^3 / 6RL$$

والتي ههنا $(L = 1)$ و $(Y = Y)$ تصبح :

وهذه هي معادلة الحلزون التكميبي .

وبتقريب للمعادلة (20-5) فانها تعطي $(X=L)$ وهكذا $(x=1)$ ،

$$Y = x^3 / 6RL \quad (23-5)$$

وهذه هي معادلة القطع المكاني التكميبي .

$$T_1 I = (R + S) \tan \Delta/2 + C$$

في كلتا الحالتين :

حيث :

$$S = L^2 / 24 R \quad (24-5)$$

ثم :

$$C = L / 2 \quad (25-5)$$

$$\Phi = L/2R = L^2/2RL \quad (26-5)$$

ثم :

$$\Theta = \Phi/3 \quad (27-5)$$

بالامكان الحصول على زوايا الانحراف لهذه المنحنيات كما يلي ، باهمال قيمة N :

$$\theta_1/\theta = L_1^2/L^2 \quad (28-5) \quad \dots\dots$$

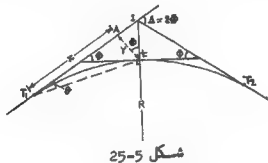
حيث ان L هو طول الوتر / القوس .
 عندما $\theta = 24^\circ$ تساوى تقريباً فان نصف قطر هذه الاقواس يبدأ بالازدياد مرة ثانية ، الامر الذى يجعلها غير نافعه كمنحنيات انتقال .

5-2-6 منحني موئلف من منحنيات انتقال بالكامل (شكل 5-25)

يتألف القوس الانتقالي بالكامل من قوسي انتقال يلتقيان بنقطة تماس مشتركة t .
 طول التماس (T_1I) يساوى :

$$T_1I = X + Y \tan \frac{\theta}{2} \quad (29-5) \quad \dots\dots$$

حيث تحتسب كل من X و Y من المعادلتين (5-20) و (5-21) ، ثم ان $(\theta = 4/2)$.



شكل 5-25
 Osculating Circle دائرة التماس

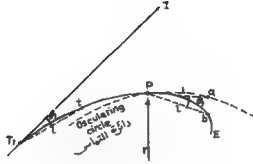
يوضح الشكل 5-26 منحنى الانتقال $(T_1P B)$ الذى يمر بالنقطة P حيث ان r هو نصف قطر منحنى الانتقال ، فالمنحنى البسيط المرسوم بنفس نصف القطر يسمى دائرة التماس .
 في نقطة T يكون لمنحنى الانتقال نفس نصف قطر المستقيم (T_1I) او ∞ ، ولكنه ينفج عنه بمعدل ثابت . ايضا ينطبق نفس الشرط بالضبط في P مع دائرة التماس ، اى ان منحنى الانتقال له نفس نصف قطر دائرة التماس r ولكنه ينفج عنها بمعدل ثابت . وهكذا اذا كانت الاوتار :

$$T_1t = Pa = Pb = 1$$

$$I \hat{T}_1 t = a \hat{P} b = \theta_1$$

فالزاوية (\hat{IT}_1t) تساوى :

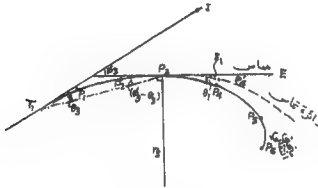
هذه هي نظرية دائرة التماس ، وفيما يلي تطبيقاتها .



شكل 5-26

5-2-8 انشاء المنحني عندما يكون ضروريا نقل الزوايا الى نقطة وسطية على منحنى الانتقال

يوضح الشكل 5-27 الوضعية التي فيها انشئ منحنى الانتقال من T_1 الى P_3 بالطريقة الاعتيادية ، ولكن خط النظر ($T_1 P_3$) هو محجوب ، لذا يجب نقل الزوايا الى P_3 لانشاء ما تبقى من منحنى الانتقال ، فأول ما مطلوب هو اتجاه المماس ($P_3 E$) من الزاوية الخلفية (ϕ_3) .



شكل 5-27

من الشكل يمكن رؤية ان الزاوية الى اليمين ($P_3 P_4$) على دائرة المماس هي ($\delta_1' = 1718.9 \times 1/r_3$) بالدقائق . والزاوية بين اليمين على دائرة المماس . والوتر على منحنى الانتقال هي ($P_4 P_3 P_4 = \theta_1$) . وهكذا فان زاوية الانشاء من المماس الى P_4 تساوى ($\delta_1 + \theta_1$) والى P_5 تساوى ($\delta_2 + \theta_2$) والى P_6 تساوى ($\delta_3 + \theta_3$) .

فمثلا ، بفرض ان :

$$\Delta = 60^\circ , L = 60 \text{ م.} , l = 10 \text{ م.} , R = 100 \text{ م.} \quad (\text{الوتر})$$

وان ($T_1 P_3 = 30 \text{ م.}$) ، اوجد زوايا الانشاء لما تبقى من منحنى الانتقال من P_3 .
من المعادله الاساسية :

$$\phi_3 = \frac{1}{2RL} = \frac{30^2}{2 \times 100 \times 60} = 4^\circ 17' 50'' \quad (\text{ناقصا اذا كوثويد})$$

اوه اذا كان المنحني معرفا بدرجة انحنائه D degree of curvature فان :

$$\phi_3 = \frac{1}{200} \times \frac{D}{L} \quad (\text{ناقصا اذا كوثويد})$$

وهكذا تحسب الزاوية الخلفية الى نقطة الامل ($\phi(2/3)$) كيميئ المعاس كما سبق .
والآن من ($L_2 = 2R$) و ($\theta = \phi/3$) تحسب الزوايا θ_1 و θ_2 و θ_3 من المعادلة 5-28 . عليها ، تكون
هذه الزوايا متوفرة مسبقا حيث انها تكون قد استخدمت في انشاء اول 30 م من منحنى الانتقال .
نقل ايجاد قيم الزوايا الى دائرة التماس يجب معرفة r_3 ، وهكذا من ($r_3 \cdot 1 = R \cdot L$) :

$$r_3 = R \cdot L / 1_3 = 100 \times 60 / 30 = 200 \text{ م.}$$

او ان درجة الانحناء في P_3 على بعد 30 م من T_1 هي ($\frac{D}{L} \cdot 1_3$) .

$$\delta_1 = 1718.9 \times \frac{10}{200} = 85.9450' = 1^\circ 25' 57''$$

(كما في حالة المنحنى البسيط)

وطيه فان زوايا الانشاء هي اذ $(\delta_1 + \theta_1)$ و $(\delta_2 + \theta_2)$ و $(\delta_3 + \theta_3)$.

5-2-9 انشاء منحنى الانتقال من القوس الدائري

يبين الشكل 5-28 منحنى الانتقال الثاني للشكل 5-23 المطلوب انشاؤه من t_2 الى T_2 ،
والفروض ان يتم تعيين الماس (t_2D) بواسطة الرصد الخلفي backsighting الى t_1 بالجهاز
ليقرأ ($(\Delta - 2\theta) / 2$) ($360^\circ - (\Delta - 2\theta) / 2$) حيث يصغر الجهاز ويقلب لتعيين الاتجاه (t_2D) .
يمكن الان رؤية ان زوايا الانشاء في هذه الحالة ستكون ($\delta_1 + \theta_1$) و ($\delta_2 + \theta_2$) و ... الخ .



شكل 5-28

5-2-10 منحنيات انتقال تحول اقواسا ذات انصاف اقطار مخططة (منحنيات مركبة)

يبين الشكل 5-12 منحنيا مركبا يحتاج الى منحنيات انتقال هند T_1 و t_1 و T_2 وفرض السماح بدخول
منحنيات الانتقال يجب توصيف الاقواس الدائرية الى الامام كما مبين في الشكل 5-29 ، حيث :

$$S_1 = L_1^2 / 24 R_1 \quad , \quad S_2 = L_2^2 / 24 R_2$$

تحسب اطوال منحنيات الانتقال هند الدخول L_1 و هند الخروج L_2 بالطريقة الاعتيادية ، بينما منحنى
الانتقال الذي يحول الاقواس المركبة يساوي :

$$bc = L = (L_1 - L_2)$$

نصف المسافة ($S_1 - S_2 = P_2P_3$) بمنحنى الانتقال في P_3 وهكذا فالقوس نفسه يجري تعيينه ويكون
($P_2P_3 = P_3C$) . حيث ان المنحنيات هند الدخول والخروج تتساوى بالطريقة الاعتيادية فانه

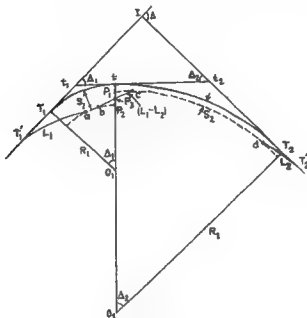
سيؤخذ بنظر الاعتبار نقط تهيئة نقاط التماس T_1 و T_2 .

في المثلث $(t_1 I t_2)$:

$$t_1 t_2 = t_1 t + t t_2$$

$$= (R_1 + s_1) \tan \Delta_1 / 2 + (R_2 + s_2) \tan \Delta_2 / 2$$

التي منها يمكن حل المثلث للحصول على $(t_1 I)$ و $(t_2 I)$.



شكل 29-5

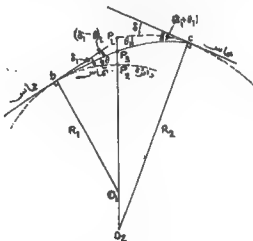
طولا المماسان :

$$T_1 I = T_1 t_1 + t_1 I = (R_1 + s_1) \tan \Delta_1 / 2 + L_1 / 2 + t_1 I$$

$$T_2 I = T_2 t + t_2 I = (R_2 + s_2) \tan \Delta_2 / 2 + L_2 / 2 + t_2 I$$

في الشكل 30-5 المنحني (bc) برسوم كبيراً ، والذي يمكن منه ، باستخدام دائرة التماس ، رؤية طريقة الإنشاء .

ابتداءً من b ، يجري تمثيل المماس الذي منه ستكون زوايا الإنشاء $(\theta_1 - \theta_2)$ و $(\theta_3 - \theta_2)$. الخ كالمباقي حيث تحتسب θ_1 الزاوية المنحرفة مع زاوية التماس باستخدام R_1 و $(\theta_3 - \theta_2)$.



شكل 30-5

تكون الزوايا θ_1 و θ_2 و θ_3 و التي هي نفسها سواء قيست من b او من c و تحتسب من :

$$\theta_1 = (\theta_2 - \theta_3) = \left(\frac{L_1}{2R_1} - \frac{L_2}{2R_2} \right) = \frac{L_1 R_2 - L_2 R_1}{2R_1 R_2}$$

وحيث ان $\theta = \frac{L}{R}$: $\theta_1 = \theta_2 \cdot \frac{L_1^2}{L_2^2}$

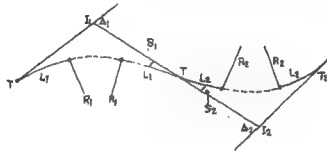
كذلك بالامكان تعيين المنحني بطريقة الازاحات الجانبية من دائرة التماس باستخدام المعادله التاليه :

$$y = \frac{x^3}{6RL} = \frac{x^3}{L^3} \cdot \frac{L^2}{6R}$$

حيث : $L^2/6R = 4S$

$$\therefore R = \frac{4x^3}{L^3} (S_1 - S_2) \quad \dots (30-5)$$

يجب الملاحظه بان دائرة التماس تغير فقط حلا تفر يسويا ، ولكن بما ان منحنى الانتقال هو تقعر عادة ، فيمكن ان يكون حلا مقبولا عمليا .



شكل 31-5

في حالة المنحني المركب المعكوس (شكل 31-5) :

$$S = S_1 + S_2 \quad , \quad L = L_1 + L_2$$

وبخلافه يمكن اعتباره منحنيين مستقلين .

2-5-11 جداول منحني الانتقال للطرق (مترية)

عند فحص المعادلات المعقده لحلولز الانتقال الكلوثويد تتبين الحاجة الملحه لجداول تحوي معلومات جاهزه لتسهيل تصميم كذا منحنيات . فقد تم تجهيز هذه الجداول من قبل "جمعية مساحي البلده County Surveyors Society" تحت عنوان (منحنيات الانتقال للطرق - مترية) ، وتحوي هذه الجداول على كيات وانفيه من المعلومات القيمه تتعلق بالتصميم الهندسي للطرق ، وهنا مبين نموذج بسيط جدا لهذه الجداول لاعطاء فكرة فقط عن شكلها ومن المعلومات المحتويه فيها .

فكما هو واضح من الفقر 2-5-4 بان $(\theta = \phi/3 - N)$ وان الزاويه الخلفيه هي $(2\phi/3 - N)$ فكل هذه المعلومات لقيم مخططة ل ϕ هي مجهزة في الجدول 1-5 ، ويبين بجلاء بانه لا يمكن اهمال N لقيم كبيره ل ϕ . ايضا موضح جزء فقط من جدول 2-5 ، وهناك جداول متعدده كهذه توفر حجم المعلومات اللازمه لاصال التصميم .

يفترض ان كثيرا من المعلومات وتطبيقاتها في انشاء المنحنيات هي مفهومة بسهولة من قبل الطالب،
وهكذا سوف يذكر فقط هنا شرحا بسيطا لاستخدامها .

جدول 1-5 زوايا انحراف محتسبه

زوايا الانحراف الحقيقية لاى نقطة على الحلزون حيث الزاوية المقاسة $(\phi/3)$ تساوى ناقصا التصحيح الجدول ادناه.
الزاوية الخلفية تساوى $(2\phi/3)$ زائدا نفس التصحيح .
المتصلات لظل \tan زاوية الانحراف كما اعطيت بموجب القانون تعطي اخطاء صغيرة عندما تكون ϕ كبيره . وقد
صححت هذه في هذا الجدول .

زاوية الانحراف "	اطرح "	$\phi/3$	الزاوية المقاسة	زاوية الانحراف "	اطرح "	$\phi/3$	الزاوية المقاسة
14 55 13.8	4 46.2	15	45	40 00	NIL	0 40	2
15 14 54.0	5 6.0	15 20	46	59 59.9	0.1	1	3
15 34 33.4	5 26.6	15 40	47	59 59.8	0.2	1 20	4
15 54 11.9	5 48.1	16	48	59 59.6	0.4	1 40	5
16 13 49.4	6 10.6	16 20	49	59 59.3	0.7	2	6
16 33 25.9	6 34.1	16 40	50	59 59.0	1.0	2 20	7

مكمل بقدرات زوايا مقدارها 1° من ϕ

27 27 45.6	32 14.4	28	84	13 36 24.1	3 35.9	13 40	41
27 46 33.1	33 26.9	28 20	85	13 56 7.7	3 52.1	14	42
28 5 18.7	34 41.3	28 40	86	14 15 50.6	4 9.4	14 20	43
				14 35 32.6	4 27.4	14 40	44

County Surveyors Society

مقدم برخصة من جمعية مساحي البلده

استخدام الجدول

- (1) تاكد من زاوية تقاطع المستقيمين Δ بواسطة القياس المباشر في الحقل .
- (2) قارن Δ بـ (2ϕ) ، فاذا كانت $2\phi \leq \Delta$ فان المنحني انتقالي بأكمله .
- (3) استخرج $(R+S)$ و C لاحتساب طول المعاس الذي يساوى $C = (R+S) \tan \Delta/2 + C$.
- (4) خذ ϕ من الجداول واحسب طول القوس الدائري باستخدام $(\Delta - 2\phi)$ او اذا كان العمل باستخدام درجة الانحناء D فاستخدم $(D - 2\phi)$.
- (5) استخرج اطوال المسارات chainages عند بداية ونهاية منحني الانتقال .
- (6) احسب زوايا الانشاء ϕ_1 . . . ϕ_n لمنحني الانتقال من $(\phi/2 = 1/L^2)$ والتي منها $\phi_1 = (\phi/3)$.
- (7) كسبته في عملية الانشاء ، حيث يمكن تثبيت النقطة النهائية لمنحني الانتقال اولاً بالانحراف عن T_1 (بداية منحني الانتقال) بزوايا الانحراف عن نقطة الاصل ثم من بعد انشاء الوتر الطويل كما هو معطى في الجداول . وبطريقة اخرى ، بالامكان استخدام الاراحه الجانبيه Y على مسافة X على خط المعاس .

- (8) عند انشاء اول منحني انتقال ، ثبتت الزوايا في النقطة النهائية ، وعندما تقرب الزوايا $(\phi/3 + N) - (180^\circ)$ خذ القراءة الخلفية الى T_1 . بعدها دور الزوايا لتقرأ صفراً حيث سيشير اتجاه المعاس الى بداية القوس الدائري قبيل انشاءه . وقد سبق ان تم شرح هذه الطريقة .
- (9) كتحقيق على انشاء المنحني الدائري ، خذ كلا من $(R+S)$ و S من الجداول لحساب المسافة الرأسية APEX DISTANCE حيث تساوى : $(R+S) \cdot (\sec \Delta/2 - 1) + S$.
وهي المسافة بين نقطة التقاطع I ومركز المنحني الدائري .

- (10) الكميات الثابتة (R, L) و (D/L) موجودة في رأس الجدول ويمكن استخدامها كما يلي :
- (a) نصف القطر عند أية نقطة P على خط منحنى الانتقال تساوى $r_p = R \cdot L/l_p$
- (b) درجة الانحناء عند P تساوى $D_p = (D/L) \cdot l_p$
- حيث l_p هي المسافة الى P مقاسة على طول المنحنى من T_1 .
- وبنفس الطريقة :
- (c) الزاوية المصنوعة عند P تساوى $\phi_p = l_p^2 / 2RL$
- أو تساوى $\phi_p = (l_p^2 / 200) \cdot (D/L)$
- (d) زاوية الانشاء من T_1 الى P تساوى $\theta_p = \phi_p / 3 = N_p$
- أو تساوى $\theta_p = (l_p^2 / 600) \cdot (D/L) = N_p$

المطلوب

- مثال 1 : يتضمن جزء من مشروع طريق سريع تصميم وانشاء منحنى بسيط يحتوي على منحنى انتقال حلزوني تكفي عند كل نهاية حيث يجب ان يصمم منحنى الانتقال بحيث تساوى النسبة المركزية 0.197 بينما يساوى معدل تغيير التجهيل المركزي $0.45 \text{ centripetal acceleration} / \text{م}^2$ ثانية كمسب عند سرعة تصميمية مقدارها 100 كم / ساعة . فإذا كان طول المسار عند تقاطع المستقيمين يساوى 2154.22 م
- زاوية الانحراف تساوى $50^\circ 00' 00''$ ، أوجد :
- (a) طول منحنى الانتقال الى اقرب عشرة امتار .
- (b) طول المسار عند بداية ونهاية المنحنى المركب composite curves
- (c) زوايا الانشاء لاول ثلاثة اقطار ذات طول 10 م على اساس المسار الاقني الفعلي through chainage .
- اذكر بايجاز ، أين وكيف ستوجه المزواة لكي تغطي القوس الدائري .

الحل : راجع الشكل 23-5 ، النسبة المركزية تساوى : $P/W = v^2 / 127 R$ (15-5)

$$\therefore R = \frac{100^2}{127 \times 0.197} = 400 \text{ m.}$$

معدل تغيير التجهيل المركزي يساوى :

$$\dots\dots (18-5)$$

$$\therefore L = \frac{100^3}{3.6^3 \times 400 \times 0.45} = 120 \text{ m.} \quad (a)$$

(b) لاجل حساب طول المسار :

$$S = \frac{L^2}{24 R} = \frac{120^2}{24 \times 400} = 1.5 \text{ m.} \quad (24-5)$$

$$= (R+S) \tan \Delta/2 + L/2 \quad \text{طول المسار يساوى :} \quad (19-5)$$

$$= (400+1.5) \tan 25^\circ + 60 = 247.22 \text{ m.}$$

$$= 2154.22 - 247.22 = 1907.00 \text{ m.}$$

اذن فطول المسار عند T_1 :

ولاجل ايجاد طول القوس الدائري :

طول القوس الدائري يساوي : $(\Phi = 2\Delta - R(\Delta - 2\Phi))$ حيث $(\Phi = L/2R)$

$$2\Phi = \frac{L}{R} = \frac{120}{400} = 0.3 \text{ rad. (زوايا قطريه)}$$

$$\Delta = 50^\circ = 0.872665 \text{ rad. (زوايا قطريه)} \quad \text{كذلك :}$$

$$\therefore R(\Delta - 2\Phi) = 400(0.872665 - 0.3) = 229.07 \text{ m.}$$

$$= 1907.00 + 2 \times 120 + 229.07 = 2376.07 \text{ m.} \quad \text{وطول المسار عند T يساوي :}$$

(c) ولتعيين الزوايا من المعادله 28-5 وهي $(\theta_1/\theta = L^2/L^2)$

$$\theta = \frac{\Phi}{3} = \frac{L}{6R} = \frac{120}{6 \times 400} \text{ rad. (زوايا قطريه)}$$

$$\theta'' = \frac{120 \times 206265}{6 \times 400} = 10313''$$

ولما كان طول المسار في T_1 يساوي 1907.00 م ، فان اول وتر سيكون طوله 3.00 م ليعطي طول مسار مدور round chainage مقداره 1910 م .

$$\therefore \theta_1 = \theta \times (L_1^2/L^2) = 10313'' \times (3^2/120^2) = 0^\circ 00' 06.5''$$

$$\theta_2 = 10313'' \times (13^2/120^2) = 0^\circ 02' 01.0''$$

$$\theta_3 = 10313'' \times (23^2/120^2) = 0^\circ 06' 19.0''$$

بالنسبة للجزء الاخير من الجواب ، راجع فقره 4-2-5 .

مثال 2 ، كان قد تقرر انشاء منحنى انتقال من نوع القطع المكافئ التكميبي cubic parabola

من خط الوسط لمستقيم ، ولديه ان يمر بنقطة تبعد 6 م من المستقيم مقاسة عموديا من نقطة على امتداد المستقيم على مسافة 60 م من ابتداء المنحنى . رتبني جدول المعلومات اللازمه لانشاء منحنى طوله 120 م على فترات مقدارها 15 م .

احسب معدل تغيير التمجيل القطري لحرقة تساوي 50 كم / ساعه . (جامعة لندن)

الحل ، بالامكان فهم هذا السؤال باعتبار ان L^{120} م هي فقط جزء من طول منحنى الانتقال الكلي ،

وهكذا فان L هي مجهوله .

من التمييز الخاص بالقطع المكافئ التكميبي :

$$y = x^3/6RL = cx^3$$

وعندما

$$\therefore c = 1/36000 = 1/6RL$$

وهكذا تستخرج الازاحات الجانبية باستخدام هذه الكمية الثابته :

$$y_1 = 15^3/36000 = 0.094 \text{ m.}$$

$$y_2 = 30^3/36000 = 0.75 \text{ m.}$$

$$y_3 = 45^3/36000 = 2.531 \text{ m.}$$

وهكذا . . .

اما معدل تغير التجميعيل القطري q فيساوى $(v^3/3.6^3 RL)$. والان :

$$1/6RL = 1/36000 \text{ , } 1/RL = 1/6000$$

$$\text{. . . } q = 50^3/3.6^3 \times 6000 = 0.45 \text{ m/s}^3$$

مثال 3 : زاوية الانحراف لخطي ساركة حديدية ذات قياس 1.435 م مقدارها 24° الى اليمين .
 وكان من المفروض ان يصل الخطان بمنحني دائري بمنحني انتقال عند الدخول والخروج ومن نوع القطع المكافئ التكميلي على ان لا تزيد نسبة ميل المسكة على 1 الى 12 في المنحني المركب . كما ان معدل زيادة او نقصان ميل المسكة لا يزيد على 1 سم في 6 م . فاذا كان طول المسار الاقني الى نقطة تقاطع المستقيمين هي 1488.8 م وان السرعة القصوى المسموح بها على المنحني المركب هي 80 كم / ساعة . اوجد :

(a) اطوال المسارات الى كل من نقاط التماس الاربعة .

(b) زاوية الانحراف اللازمة (لاقرب 20°) لتعيين اول اربعة اوتاد بعد اول نقطة تماس ،
 علما بان الاوتاد تثبت كل 30 م .

(c) معدل تغير التجميعيل القطري على المنحني عندما تسير عربات القطار بالسرعة القصوى المسموح بها .
 (جامعة لندن)

الحل :

رجوعا الى الشكل 23-5 يتبين بان نقاط التماس الاربعة هي T_1 و T_2 و t_1 و t_2 ثم رجوعا الى الشكل 22a-5 الميل الاضافي superelevation لخطوط المسكة محدد بـ 0.152 م عليه :
 $AB = 1.435 \text{ m.} \approx CB$

اذن فالميل الاضافي superelevation : $AC = \frac{1.435}{12} = 0.120 \text{ m.} = 12 \text{ cm.}$
 ومعدل تطبيق هذا الميل يساوي 1 سم الى 6 م .

اذن فان طول منحني الانتقال يساوي L :

$$L = 6 \times 12 = 72 \text{ m.}$$

من الفقرة 5-23 :

$$\tan \theta = v^2/127R = 1/12$$

$$\text{. . . } 80^2/127R = 1/12 \text{ , } \text{. . . } R = 604.72 \text{ m.}$$

$$S = L^2/24R = 72^2/24 \times 604.72 = 0.357 \text{ m.}$$

ثم مقدار الزحف S يساوي :

$$= (R + S) \tan \theta/2 + L/2$$

طول التماس :

$$= 605.077 \tan 12^\circ + 36 = 164.6 \text{ m.}$$

$$= 1488.8 - 164.6 = 1324.2 \text{ m.}$$

فطول المسار الى T_1 يساوي :

$$= 1324.2 + 72 = 1396.2 \text{ m.}$$

وطول المسار الى t_1 :

وهذه هي نهاية منحني الانتقال .

ولايجاد طول المنحني البسيط :

$$2\Phi = \frac{L}{R} = \frac{72}{604.72} = 0.119 \ 063 \text{ rad.} \quad (\text{زوايا قطرية})$$

$$\Delta = 24^\circ = 0.418 \ 879 \text{ rad.} \quad (\text{زوايا قطرية})$$

$$= R (\Delta - 2\Phi) \quad \text{اذن فطول المنحني :}$$

$$= 604.72 (0.418 \ 879 - 0.119 \ 063)$$

$$= 181.30 \text{ m.}$$

$$= 1396.2 + 181.30 = 1577.5 \text{ m.} \quad \text{اذن طول المسار الى T يساوي :}$$

$$= 1577.5 + 72 = 1649.5 \text{ m.} \quad \text{وطول المسار الى T يساوي :}$$

(ب) فمن طول المسار الى T₁ ، اول وتر يساوي 5.8 م

$$\Phi = \frac{L}{6R} \times 206 \ 265 = \frac{72 \times 206 \ 265}{6 \times 604.72} = 4093''$$

$$\theta_1 = \Phi \times \frac{1^2}{L^2} = 4093'' \times \frac{5.8^2}{72^2} = 27'' = 0^\circ 00' 27'' \quad \text{وتر 1}$$

$$\theta_2 = 4093'' \times \frac{35.8^2}{72^2} = 1012'' = 0^\circ 16' 52'' \quad \text{وتر 2}$$

$$\theta_3 = 4093'' \times \frac{65.8^2}{72^2} = 3418'' = 0^\circ 56' 58'' \quad \text{وتر 3}$$

$$\theta_4 = 4093'' = (\text{نهاية منحنى الانتقال}) = 1^\circ 08' 10'' \quad \text{وتر 4}$$

$$q = \frac{V^3}{3.6^3 R_L} = \frac{80^3}{3.6^3 \times 604.72 \times 72} = 0.25 \text{ m/s}^3 \quad (c)$$

مثال 4 : كان من المقرر استبدال المنحني المركب (AB) و (BC) بقوس واحد مع منحنيني انتقال طول الواحد 100 م في كل نهاية . طما بان طول الوترين (AB) و (BC) هو 661.54 م و 725.76 م على التوالي وطول نصف القطرين 1200 م و 1500 م . اوجد نصف قطر القوس .
(أ) اذا استخدمت A كاول نقطة تماس .
(ب) اذا استخدمت C كاول نقطة تماس .
(جامعة لندن)

الحل : راجع الشكل 12-5 وافترض ان :

$$T_1 = A , t = B , T_2 = C , R_1 = 1200 \text{ m.} , R_2 = 1500 \text{ m.}$$

المطلوب في هذا السؤال هو طولا المماسين (AI) و (CI) .

$$AB = 2R_1 \sin \Delta_1 / 2 \quad \text{الوتر (AB) يساوي :}$$

$$\therefore \sin \Delta_1 / 2 = \frac{661.54}{2 \times 1200} \quad \therefore \Delta_1 = 32^\circ$$

$$\sin \Delta_2/2 = \frac{725.76}{3000} \quad , \quad \therefore \Delta_2 = 28^\circ \quad \text{ونفس الطريقة :}$$

$$At_1 = t_1B = R_1 \tan \Delta_1/2 = 1200 \tan 16^\circ = 344 \text{ m.} \quad \text{المسافة (At}_1\text{) :}$$

$$Bt_2 = t_2C = R_2 \tan \Delta_2/2 = 1500 \tan 14^\circ = 374 \text{ m.} \quad \text{المسافة (Bt}_2\text{) :}$$

$$\therefore t_1t_2 = 718 \text{ m.}$$

$$t_1I = 718 \sin 28^\circ / \sin 120^\circ \quad \text{بواسطة قانون الجيوب في المثلث (t}_1I \text{ t}_2\text{) :}$$

$$= 389 \text{ m.}$$

$$t_2I = 718 \sin 32^\circ / \sin 120^\circ$$

$$= 439 \text{ m.}$$

$$\therefore AI = At_1 + t_1I = 733 \text{ m.}$$

$$CI = Ct_2 + t_2I = 813 \text{ m.}$$

لايجاد نصف قطر القوس المنفرد :

$$AI = (R + S) \tan \Delta/2 + L/2 \quad \text{(a) ابتداء من نقطة التماس A :}$$

$$S = L^2/24R, \Delta = \Delta_1 + \Delta_2 = 60^\circ, L=100\text{m.} \quad \text{حيث :}$$

$$733 = (R + L^2/24R) \tan 30^\circ + 50 \quad \text{ولهذا :}$$

$$R = 1182 \text{ m.} \quad \text{التي منها :}$$

$$CI = (R + S) \tan \Delta/2 + L/2 \quad \text{(b) من نقطة التماس C :}$$

$$813 = (R + L^2/24R) \tan 30^\circ + 50$$

$$R = 1321 \text{ m.} \quad \text{التي منها :}$$

مثال 5 : كجزء من مشروع تثبيت موقع طريق ، مطلوب توصيل قوسي منحنى مركب بمنحنى انتقال

حلزوني تكعيبي .

المطلوب تصميم المنحني لاستيعاب سرعة 100 كم / ساعة باستخدام معامل شورتز Shortt's factor

مقداره 0.3 ، ثانيه تكعيبي . علما بان طول نصف قطر اول قوس للمنحني المركب هو 300 م يعقبه

منحني بنصف قطر 500 م .

اوجد طول منحنى الانتقال المطلوب الى اقرب 10 م ، وباستخدام نظرية دائرة التماس رتب كافة

المعلومات اللازمة في جدول ، لتحعين اول ثلاثة اوتاد على الحلزون وعلى مسافات مقدارها 20 م (لم يؤخذ بنظر الاعتبار مبدأ المصارا لافقي الفعلي through chainage basis) . علما بان المستقيمين يقيان ثابتان ويبدأ الانشاء من المنحني ذي نصف القطر الأصغر .

ما هو الاختلاف الذي قد يظهر في الحسابات اذا كان الابتداء من المنحني ذي نصف القطر الأكبر ؟

الحل ، راجع الشكل 30-5 :

$$q = \frac{v^3}{3.6^3 R L} \quad \text{من معامل شورتز}$$

$$L_1 = \frac{v^3}{3.6^3 R_1 q} = 238 \text{ m.} \quad \text{وطية}$$

$$L_2 = \frac{v^3}{3.6^3 R_2 q} = 143 \text{ m.}$$

••. $L = L_1 - L_2 = 95 = 100 \text{ m.}$ (إلى اقرب 10 م)
اما الزحف s Shift ،

$$s = P_1 P_2 = (S_1 - S_2)$$

$$S_1 = L_1^2 / 24 R_1 = 7.867 \text{ m.} \quad \text{حيث}$$

$$S_2 = L_2^2 / 24 R_2 = 1.704 \text{ m.}$$

$$\therefore s = 6.163 \text{ m.}$$

ولاجل حساب الزوايا θ بواسطة دائرة التماس لاوتار طول الواحد منها 20 م :

$$\Phi = \frac{L_1 R_2 - L_2 R_1}{2 R_1 R_2} = 0.253 \ 667 \text{ rad.}$$

$$\theta = \Phi / 3 = 17 \ 441''$$

$$\therefore \theta_1 = 17 \ 441'' \times \frac{20^2}{100^2} = 0^\circ 11' 38''$$

$$\theta_2 = 17 \ 441'' \times \frac{40^2}{100^2} = 0^\circ 46' 31''$$

$$\theta_3 = 17 \ 441'' \times \frac{60^2}{100^2} = 1^\circ 44' 39''$$

اما زوايا الانشاء من الجزالي دائرة التماس δ_1 :

$$\delta_1 = 1718.9 \times C/R_1 = 1^\circ 54' 36''$$

$$\delta_2 = 3^\circ 49' 12''$$

$$\delta_3 = 5^\circ 43' 48''$$

الذن زوايا الانشاء الى منحني الانتقال :

نوايا الانشاء ($\theta - \theta$)	θ	δ
$0^\circ 11' 38''$	$1^\circ 54' 36''$	$1^\circ 42' 58''$
$0^\circ 46' 31''$	$3^\circ 49' 12''$	$3^\circ 02' 41''$
$1^\circ 44' 39''$	$5^\circ 43' 48''$	$3^\circ 59' 09''$

فلو كان المنحني قد ابتدأ من النصف القطر الأكبر :

- (a) تحتسب δ باستخدام R_2 .
(b) ستكون زوايا الانشاء $(\delta + \theta^2)$ ، شكل 5-30 .

مثال 6 : من المقرر ايجاد مستقيمان ، زاوية انحرافهما 32° بواسطة منحني انتقال من النوع $(\delta) = a(\lambda)^2$ حيث λ هي المسافة على طول المنحني و δ هي الزاوية بين المماس والمستقيم الاولي و a هي كمية ثابتة . كان للاقواس ان تسبح بميل اضافي مقداره 150 ملم لخط تحديد عرض 1.435° . معلماً بان الخطين هما افقيان وان مقدار الميل من الاستقامة الى الميل الاضافي الكامل full cant هو 1 الى 500 .

ادرج المعلومات في جدول لاجل انشاء المنحني على مسافات مقدارها 15 م اذا علمت بان النسبة بين الوتر والمنحني لـ 16° هي 0.9872 .
اوجد السرعة التصميمية لهذا المنحني .
(جامعة لندن)

الحل : رجوعاً الى الشكل 5-25 :

الميل الاضافي يساوي 0.150 م ، ومعدل تطبيقه هو 1 الى 500 . وعليه : $L = 500 \times 0.150$
 $= 75$ m .

وحيث ان المنحني بأكمله انتقالي ،

$$\delta = \Delta/2 = 16^\circ$$

$$R = 134.3 \text{ m.}$$

اذن من $(\delta = L/2R)$ فان :

ومن نسبة الوتر الى المنحني : $T_1 t = 75 \times 0.9872 = 74$ m . (الوتر)

$$X = T_1 t \cos \theta = 73.7 \text{ m.} \quad (\theta = \delta/3)$$

$$Y = T_1 t \sin \theta = 6.9 \text{ m.}$$

$$= X + Y \tan \delta$$

اذن فان طول المماس يساوي :

$$= 73.7 + 6.9 \tan 16^\circ = 75.7 \text{ m.}$$

وعليه فان زوايا الانشاء :

$$\theta_1 = 5^\circ 20' 00'' \times \frac{15^2}{75^2} = 12' 48''$$

$$\theta_2 = 5^\circ 20' 00'' \times \frac{30^2}{75^2} = 51' 12''$$

وهكذا بنفس الطريقة حتى θ_5 .

اما بالنسبة للسرعة التصميمية ، فمن الشكل 5-22 :

$$\tan \theta \approx \frac{AC}{CB} = \frac{0.150}{1.435} = \frac{v^2}{R g}$$

$$v = 11.8 \text{ m/s} = 42 \text{ Km./h.}$$

منسحباً :

تمارين

- (1) تقرر امرار خط الوسط لطريق خلال منطقة مزدحمه بالبناء حيث يتقاطع الخطان المستقيمان للطريق $(T_1 I)$ و $(T_2 I)$ بزاوية انحراف مقدارها 5° وانه من المقرر ايضا لهما بقوس دائري وحلزون انتقالي بطول 100 م عند كل نهاية بحيث كان يجب ان يمر الحلزون من T_1 بين بنائيتين حيث تقع نقطة المبرور على مسافة 70 م على طول خط الحلزون من T_1 و 1 م من المستقيم اذا قيست صوديا عليه .
 اوجد كافة المعطيات الضرورية لانشاء اول حلزون على مسافات مقدارها 30 م . ثم اوجد :
 (ا) اول ثلاثة زوايا لانشاء القوس الدائري اذا اريد ان ينشأ بعشرة اوتار متساوية .
 (ب) السرعة التصميمية ومعدل تغيير التجميع المركزي اذا علمت ان النسبة المركزية تساوي 0.10 .
 (ج) اعلى ارتفاع اضافي لطريق يعرض 10 م .

الجواب : ($R=572$ m) و ($T_1 I=237.23$ m) و ($\theta_1=9^\circ 01'$) و ($\theta_2=36^\circ 37'$) و ($\theta_3=1^\circ 40' 10''$)
 (ا) ($1^\circ 44' 53''$) و ($5^\circ 14' 39''$) (ب) 85 م / ساعة 0.23 م / ثانية تكميم (ج) 1 م

- (2) منحني دائري نصف قطره 1800 م يترك مستقيما عند طول مسار 2468 م من نقطة الابتداء ويصل بمنحني دائري ثاني ذي نصف قطر 1500 م عند طول مسار 3976.5 م وينتهي الى مستقيم ثاني عند طول مسار 4553.0 م . وكان المفروض ان يستبدل المنحني المركب بآخر ذي نصف قطر مقدار 2200 م مع منحنين انتقال طول الواحد 100 م عند كل نهاية . اوجد طولي المسارين عند نقطتي التماس الجديدتين والازاحات الجانبية offsets عند النقاط التي تنقسم منحنى الانتقال الى اربعة اجزاء متساوية . (جامعة لندن)

(الجواب : 2114.30 م و 4803.54 م و 0.012 و 0.095 و 0.320 و 0.758 م)

- (3) يجب ان يمر منحنى دائري بنقطة p التي تبعد مسافة 70.23 م من نقطة التقاطع x وعلى نصف الزاوية المحصورة بين المستقيمين (IB) و (AI) . ومن المفترض ان يتصل بالمنحني عند كل نهاية منحنين انتقال بطول 200 م ، ويجب ان يمر احدهما بالنقطة التي تبعد 167 م من اول نقطة تماس على طول (AI) و 3.2 م باتجاه صودي على المستقيم كما ان (IB) ينحرف بزاوية $37^\circ 54'$ الى اليمين من امتداد (AI) .

اوجد نصف القطر ورتب في جدول المعطيات اللازمة لانشاء المنحني الكامل . (جامعة لندن)
 (الجواب : ($R=1200$ m) و ($AI=IB=512.5$ m) و تحتسب زوايا الانشاء والازاحات الجانبية بالطرق الاعتيادية)

- (4) تتطلب السرعة المحددة لمنحني دائري نصف قطره 667 م ميلا اضافيا مقداره $(1/24)$ على عرض الطريق البالغ 10 م .

بتطبيق توصيات وزارة النقل حول تطبيق معدلا اضافيا مقدار 1 الى 200 على طول منحنى الانتقال ابتداء من المستقيم وانتهاء بالمنحني الدائري ، اوجد زوايا التماس لانشاء المنحني الانتقالي بايراد تبعد 15 م عن بعضها ابتداء من نقطة التماس مع المستقيم . (جمعية المهندسين المدنيين البريطانيين)
 (الجواب : ($L=83$ m) و $2^\circ 20'$ ، $9^\circ 19'$ ، $20^\circ 58'$ ، $37^\circ 16'$ ، $58^\circ 13'$)
 ($1^\circ 11' 18''$)

(5) منحني دائري نصف قطره 610 م ينحرف بزاوية $40^{\circ}30'00''$ تقرر استبدالها بأخر ذي نصف قطر أصغر لكي يستوجب منحني انتقال طوله 107 م عند كل من نهايتيه بحيث أن انحراف المنحني الجديد عن القديم عند نقطة منتصفهما يساوي 0.46 م باتجاه نقطة التقاطع . أوجد نصف القطر المعدل على فرض أن بالامكان احتساب الوصف shift بدقة كافية في نصف القطر القديم . لحساب أطوال المسكة التي يجب رفعها وطول المسكة الجديد الذي يجب وضعه . (جامعة لندن)
(الجواب : نصف القطر المعدل 590 م ، طول المسكة الجديدة 521 م ، أطوال المسكة القديمه 524 م)

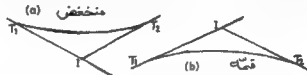
(6) من المقررات إنشاء منحني يصل بين مستقيمين بحيث يكون بكامله انتقاليا وبدون منحني دائري وسطي وأن موقع اتصال المنحني بالانتقال يبعد 5 م من نقطة تقاطع المستقيمين الذين ينحرفان عن بعضهما بزاوية 18° . أوجد طول المسارين وقية أقل نصف قطر للانتحاء . كذلك أوجد السرعة المناسبة للمنحني ومعدل ازدياد التمجيد القطري إذا علمت أن الارتفاع الإضافي قد حدد به 1 شاقولي إلى 16 أفقي .
(الجواب : 95 م ، 602 م ، 68 كم/ساعة 0.06 م / ثانية تكعيب)
(جامعة لندن)

3-5 المنحنيات الشاقولية (V.C.) VERTICAL CURVES

تستخدم المنحنيات الشاقولية لتوصيل مستقيمين متقاطعين (ميلين) في المستوى الشاقولي .

3-5-1 نوع المنحني Type of Curve

يستخدم القطع المكاني البسيط simple parabola عامة لتوصيل كل من منحني المنخفض sag ومنحني القمه summit شكل 32-5 . وهذا هو النوع الوحيد المتخذ هنا .



شكل 32-5

بالامكان استخدام القطع المكاني التكعبي للمنحنيات الهابطه لحياتنا بسبب ان العربات التي تسير على المنحنيات الهابطه ت معرض لقوة مركزية centrifugal والحاذية الارضيه بنفس الاتجاه ، وهذا ما يؤدي الى رد فعل اكبر على سطح الطريق ، ولطيه تطبيق نفس قوانين الانتقال ، كما في حالة المنحنيات الالافيه ، وأن هذا النوع قلما يستخدم في الحياة العمليه .

3-5-2 تقريبات متبعه في حسابات المنحني الشاقولي (شكل 33-5)

بالامكان البرهنه رياضيا على التقريبات التاليه ، في حالة ان الميل قليل ، والتي هي الحالة غالبا :

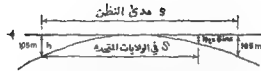
نعمدل تغير الميل في القم على طول المنحني x يمكن ان يساوى (3%) اي 3 م لكل 100 م .
فالطول المطلوب للقوس يساوى 200 م . اما في الوديان sags حيث ($r = 1\frac{1}{2}\%$) و ($L=400$) ،
ويضع هذا التحليل في قانون :

$$L = \frac{100 \cdot A}{x} \quad \dots (32-5)$$

كذلك فان مدى الرؤيه Sight Distance على منحنيات القم هو الاعتبار الرئيس في تصميم الطرق ،
وهو طول الطريق المرئي امام السائق ، فيديها ولتحقيق الامان يجب ان تكون هذه المسافة اكبر
من المسافة المطلوبة لايقات العربيه .

وهذه مسافة التوقيف تعتمد على :

- (a) سرعة العربيه .
- (b) كفاءة الموقف breaking efficiency .
- (c) الميل .
- (d) معامل الاحتكاك بين الفرمله والطريق .
- (e) ظروف الطريق .
- (f) فترة رد الفعل للسائق .



شكل 34-5



شكل 35-5

وللتغلب بشكل ما ، على هذه الظروف يؤخذ ارتفاع عين السائق فوق سطح الطريق كانه 1.05 م فقط
(شكل 34-5) ، فهذا الارتفاع h سوف يطبق في الواقع على سيارات السباق التي كفاءه موقفها
مادة تكون جيدة واللوهيات التي ارتفاعها اكر بكثير وبالتالي سيكون لها مدى رؤيه اطول بكثير والذي
تنتوق خلاله ، في الولايات المتصده الامريكيه ، ارتفاع العين h_1 يساوى 3.4 قدم (1.05 م) .
الى جسم ارتفاعه h_2 يساوى 6 مقده .

ولاستنتاج القانون اللازم ،خذ الحالتين التاليتين :

- (a) هدمما يكون مدى الرؤيه $>$ طول المنحني
- (b) هدمما يكون مدى الرؤيه $<$ طول المنحني

(a) عندما تكون $L > 35-5$ ، شكل

$$y = K \cdot l^2$$

من المعادله الاساسيه :

$$Y = K (L/2)^2 , h_1 = K (l_1)^2 , h_2 = K (l_2)^2$$

$$h_1/Y = l_1^2/(L/2)^2 = 4l_1^2/L^2 , h_2/Y = 4l_2^2/L^2 \quad \text{وعليه}$$

$$l_1^2 = h_1 L^2 / 4Y \quad \text{وهكذا}$$

$$l_1^2 = \frac{200 h_1 L}{A} , l_1 = (h_1)^{\frac{1}{2}} \cdot \left(\frac{200L}{A}\right)^{\frac{1}{2}} \quad \text{ولما كان } (4Y = AL/200)$$

$$l_2 = (h_2)^{\frac{1}{2}} \cdot \left(\frac{200L}{A}\right)^{\frac{1}{2}} \quad \text{وبنفس الطريقه}$$

$$\therefore S = l_1 + l_2 = (h_1)^{\frac{1}{2}} + (h_2)^{\frac{1}{2}} \cdot \left(\frac{200L}{A}\right)^{\frac{1}{2}} \quad \dots\dots (33-5)$$

كذلك :

$$L = \frac{S^2 A}{200 ((h_1)^{\frac{1}{2}} + (h_2)^{\frac{1}{2}})^2} \quad \dots\dots (34-5)$$

عندما تكون : $(h_1 = h_2 = h)$

$$L = \frac{S^2 A}{800h} \quad \dots\dots (35-5)$$

(b) عندما تكون $L < 35$ يمكن بنفس الطريقه اثبات بان :

$$L = 2S - \frac{200}{A} ((h_1)^{\frac{1}{2}} + (h_2)^{\frac{1}{2}})^2 \quad \dots\dots (36-5)$$

وعندما : $(h_1 = h_2 = h)$

$$L = 2S - \frac{800h}{A} \quad \dots\dots (37-5)$$

اما عندما $(S=L)$ فالتميز في اى من المعادلات اعلاه سيعطي الحل الصحيح ،

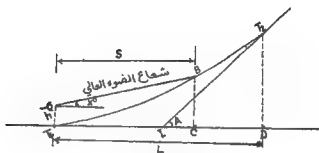
$$L \frac{S^2 A}{800h} = \frac{L^2 A}{800h} = \frac{800h}{A} \quad \text{فمثلا في المعادله } 35-5$$

$$L = 2S - \frac{800h}{A} = 2L - \frac{800h}{A} = \frac{800h}{A} \quad \text{وفي المعادله } 37-5$$

ملاحظه للطالب : اذا لم تعط الملاقه بين S و L في السؤال ، يجب اخذ كلتا الحالتين بنظر الاعتبار حيث ان احدهما لا تنفي بالجداول الملائم . فبأخذ $S < L$ او $S > L$ تكون اذن المعطيه خطأ .

مدى الضوء المسالي Head Light Sight Distance ، هو العامل

الرئيس في متحنيات الوديان sags حيث تؤخذ حزمة الضوء العالي (المسافة الأفقية S) عموما كأنها 2.5 قدم (0.76 م) فوق سطح الطريق عندما تكون الحزمة مائلة بدرجة واحدة 1° الى الأفق .



شكل 36-5

خذ الشكل 36-5 الذي فيه $S > L$ من معادلة الانحازات :

$$\frac{BC}{T_2 D} = \frac{S^2}{L^2} , \therefore BC = \frac{S^2 (T_2 D)}{L^2}$$

ولكن $(T_2 D)$ هو الانفرج الشاقولي للميل ويساوى :

$$= \frac{A}{100} \cdot \frac{L}{2}$$

$$\therefore BC = \frac{AS^2}{200L}$$

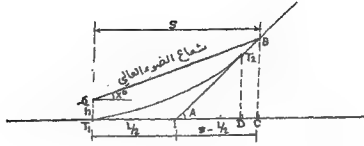
$$BC = h + S \tan x^\circ$$

كذلك :

وحيث تتساوى الكميات فيما بينها اذا ساوت كمية ثابتة :

$$\therefore L = S^2 \cdot A (200 h + 200 S \tan x^\circ)^{-1} \quad \dots (38-5)$$

$$L = S^2 \cdot A / (152 + 3.5 S) \quad : (x^\circ = 1^\circ, h = 0.76 \text{ m}) \quad \dots (39-5)$$



شكل 37-5

و بنفس الطريقة عندما $L > S$ شكل 37-5 :

$$BC = \frac{A}{100} \left(S - \frac{L}{2} \right) = h + S \tan x^\circ$$

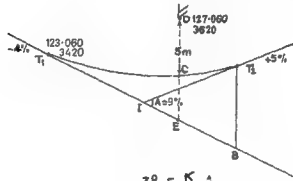
وحيث تتساوى الكميات فيما بينها إذا ساوت كمية ثابتة :

$$L = 2S - (200h + 200S \tan x^\circ) / A \quad \dots (40-5)$$

و بتعويض : $x = 1^\circ$, $h = 0.76 \text{ m}$.

$$L = 2S - (152 + 3.5S) / A \quad \dots (41-5)$$

4-3-5 المبرر فوق منحنى عند نقطة معلومة (شكل 38-5)



شكل 38-5

سوف يتم شرح هذه التقنية من خلال المثال التالي :

- مثال : ميل هابط مقداره (4%) يلتقي بميل صاعد مقداره (5%) في منحنى انخفاض sag curve المنسوب عند ابتداء المنحنى يساوى 123.060 م حيث يساوى طول المسار 3420 م ، بينما حد طول مسار مقداره 3620 م هنالك معبرا overpass ذا منسوب 127.060 م للحافة السفلى منه ، فإذا كان المفروض بالمنحنى الضمم أن يفر ارتفاعا صافيا مقداره 5 م عند هذه النقطة ، أوجد طول المنحني المطلوب .

الحل : لايجاد طول الازاحة (CE) offset distance

- من طول المسار ، المسافة الانقيص (T₁E) تساوى 200 م بميل مقداره (4% -) .
- اذن منسوب النقطة E : $123.060 - 8 = 115.060 \text{ m}$.
- منسوب نقطة O : $127.060 - 5 = 122.060 \text{ m}$.
- اذن الازاحة (CE) تساوى 7.000 م .

من قانون الارباح :

$$CE/T_2B = (T_1E)^2/(T_1B)^2$$

ولكن (T_2B) يساوى الانفرج الشاقولي ويساوى $(\frac{A}{100} \cdot \frac{L}{2})$ حيث $(A = 9)$.

$$\therefore CE = \frac{AL}{200} \times \frac{200^2}{L^2} = \frac{1800}{L}$$

$$\therefore L = 257 \text{ m.}$$

5-3-5 إيجاد طول المسار الافقي chainage لاطى ولاطاً نقطة على المنحني .

رجعوا الى الشكل 5-38 ، اذا اعتبر احد ان المنحني مؤلف من سلسله من خطوط مستقيمه ، فالميل عند T_1 للخط هو (-4%) يتغير بالتدرج على طول المنحني حتى يصل $(+5\%)$ عند T_2 . وعليه فهناك تغير في الميل مقداره (9%) خلال مسافة L . حيث سيكون الميل عند اوطاً نقطة افقياً بعد ان كان لثبوته قد اجتاز الميل (-4%) من T_1 . وعليه فطول المسار لاطاً نقطة من بداية المنحني هي ، بواسطة عملية النسبة البسيطة ، D :

$$D = \frac{L}{9\%} \times 4\% = \frac{L}{A} \times E_1$$

$$= \frac{257}{9\%} \times 4\% = 114.24 \text{ m. (من } T_1 \text{)}$$

والتي في المثال السابق تساوى :

وطيه بمعرفة طول المسار chainage يمكن إيجاد الارباح ومنسوب المنحني عند تلك النقطة .

5-3-6 نصف قطر القوس الشاقولي Vertical Curve Radius

التصجيل الشاقولي الذى تعانيد فيه عند السر على منحنى شاقولي هو :

$$= (0.66 v^2 \div R) \text{ m/s}^2 \text{ (متر/ثانية تربيع)}$$

هناك اقل قيمة مسموح بها للتصجيل وهي 0.46 m/s^2 ثابته تربيع التي يجب عدم تجاوزها . وهكذا بالنسبة لاية سرعة تصمييم V هناك نصف قطر ادنى وجداول وزارة النقل (M.O.T) المتوفر لتعطي R وما يقابلها V . وحيث ان منحنى قطع المكافئ parabolic curve يقترب الى قوس دائرى ذو نصف قطر كبير فانه من المعتل ، وبعد الحصول على القيمة المطلوبه R ، ان يتعمل الى الطول المطلوب L من منحنى القطع المكافئ من المعادله :

$$L = \frac{AR}{100} \quad \dots (42-5)$$

بطريقة اخرى ، فبعد الحصول على L ، بالامكان إيجاد نصف قطره R ليصبح بالامكان رسمه على المقطع الطولي باستخدام منحنيات خطوط المسك الحديدية . مع ذلك ، وحيث ترسم المقاطع عمودياً بمقاييس مشوهه ، يجب تطبيق مقياس لنصف القطر radius scale مقداره (R^2/V) حيث H هو القياس الافقي و V القياس الشاقولي ، وهكذا فان رقم منحنى سكة الحديد يساوى :

$$= H \div R^2/V \quad \dots (43-5)$$

فإذا كانت R بالانجات فان رقم المنحني سيكون بالانجات كما هو حالها ، وإذا بالمليمترات فان رقم المنحني سيكون بالمليمترات (راجع فقره 5-3-7) .
يجب على الطالب ملاحظة ان المنحنيات الشاقولية يجب دائما ان تحتسب . من اسلوب تطبيق منحنيات خطوط سكك الحديد على المقاطع ذوات المقياس المشوه ثم قياس الاحداثيات ينتج منحنياس ليس هو دائري ولا هو قطع مكافئ* ، وهكذا ناستخدام منحنيات سكك الحديد هو لمجرد بيان موقع المنحني على المقطع . وسيجرى الان حل مثال لشرح تطبيق هذه المبادئ .

مثال ، المطلوب ان يحصل منحني طول 100 م ميلا هابطا نسبته (75%) بميل صاعد نسبته (25%) ، فإذا كان منصوب نقطة تقاطع الميلين هو 150.000 م ، اوجد :
(1) مناسيب المنحني على مسافات مقدارها 20 م مبينا التحقق الحسابي الثاني للفرق .
(2) موقع ومنسوب ابطاً نقطة على المنحني .

الطريقة :

- (أ) اوجد قيمة الازاحة الوسطية Y .
- (ب) احسب الازاحات .
- (ج) اوجد المناسيب على الميل .
- (د) اجعل / اطر (ب) من (ج) للحصول على مناسيب المنحني .

(أ) رجعا الى الشكل 5-33 ،

زاوية الميل A تساوي :
وهذه يمكن ملاحظتها تلقائيا .

$L/2 = 50 \text{ m}$.
وحيث ان الميلين (IT_2) و (IT_1) يتفرجا بمعدل (1%) (اي 1 م لكل 100 م) في 50 م عليه :
بالاتمام اجراء الحساب ذهنيا بصره من قول الطالب .
 $T_2 = 0.5 \text{ m} = 4Y$ ، $Y = 0.125 \text{ m}$.
 $4Y = \frac{A}{100} \cdot \frac{L}{2}$.
وضع الفكرة لعلاء بشكل قانون تعطي :
(44-5) $Y = \frac{AL}{800}$.

(ب) الازاحات من المعادله 5-31

هنالك طريقتان للحل .

- (1) بالاتمام احسب الازاحات من ميل واحد ، اي Y_1 و Y_2 و (EK) و (GM) و (T_2) من الميل (T_1) .
 - (2) احسب الازاحات من ميل واحد ، قل (T_1) ، فستكون الازاحات متعائلة على الجهة الاخرى من الميل الاخر (IT_2) .
- تفضل الطريقة (1) بسبب الاحتمال الاقل للخطأ عند احتساب مناسيب المنحني على مسافات ثابتة
وعند احتساب الميل الهابط (T_1) .

من المعادله (5-31) :

	الفرق الثاني	الفرق الاول
$T_1 = 0 \text{ m}$	0-020	
$J_1 = 0.125 \frac{20^3}{50^3} = 0.020 \text{ m}$	0-040	
	0-060	
$J_2 = 0.125 \frac{40^3}{50^3} = 0.080 \text{ m}$	0-040	
	0-100	
$J_3 = 0.125 \frac{60^3}{50^3} = 0.180 \text{ m}$	0-040	
	0-140	
$J_4 = 0.125 \frac{80^3}{50^3} = 0.320 \text{ m}$	0-040	
	0-180	
$J_5 = T_2 - J_4 = 4Y = 0.500 \text{ m}$		

يجب تطبيق التحقق الحسابي الثاني للفرق قبل البدء بأية حسابات أخرى.

- (٥) أولاً أوجد المنسوب في T_1 من المنسوب المعلم عند I .
 المسافة من I إلى T_1 تساوي 50 م ، والميل يساوي 0.75٪ (لكل 100 م) .
 إذن الارتفاع بالمنسوب من I إلى T_1 يساوي :
 $= 0.75/2 = 0.375 \text{ m}$.
 المنسوب عند T_1 يساوي :
 $= 150.000 + 0.375 = 150.375 \text{ m}$.
 والان تحتسب المناسيب على نترات مقدارها 20 م على طول $(T_1 T_2)$ حيث ان الانخفاض يساوي 0.15 م في 20 م . وهكذا يمكن بالامكان عمل الجدول التالي :

ملاحظات	مناسيب القوس	ازاحات	مناسيب الميل	طول المسار
T_1 بداية المنحنى	150-375	0	150-375	0
	150-245	0-020	150-325	20
	150-155	0-080	150-075	40
	150-105	0-180	149-915	60
	150-095	0-320	149-775	80
T_2 نهاية المنحنى	150-125	0-500	149-625	100

$$= \frac{100 \text{ م}}{1 \%} \times 0.75\% = 75 \text{ م} . \quad (\text{من } T_1) \quad \text{موقع اوطاً نقطة على المنحني} :$$

$$\begin{aligned} J_2 &= 0.125 \times (75/50)^2 = 0.281 \text{ م} . \quad \text{ان الازاحة في هذه النقطة تساوي } J_2 : \\ &= 150.375 - 0.563 = 149.812 \text{ م} . \quad \text{من } T_1 \text{ يساوي} : \\ &= 149.812 + 0.281 = 150.093 \text{ م} . \quad \text{ان المنسوب المنحني يساوي} : \end{aligned}$$

عليها ، تصمم الاقواس الشاقولية باستخدام جدول التصميم II (مترى) لحد الطرق الخارجية (جدول 3-5) الذي يؤمن متطلبات التصميم لمختلف ظروف السرعة في المناطق الخارجية ، كذلك باستخدام متطلبات التصميم القياسيه للطرق في المناطق المزدهنه . مع ذلك يبقى معدل تغير الميل الميزه الاساسيه المستخدمه ، ويجهز في الجدول بأنه قيمة X . فعلى سبيل المثال (في الفقره 3-5-3) يستتج قانون ايجاد طول القوس L باستخدام معدل تغير الميل x كما يلي :

$$L = \frac{100 \cdot A}{x} \quad (32-5) \quad \dots\dots$$

يوضع $(X=100/x)$ فان : $L = X \cdot A$
فالتطبيق المكتبي هو ان :

- (أ) التصميم : (1) اوجد زاوية الميل (الفرق الجبري للميل) A .
 - (2) اخذ قيمة مناسبه لـ X من الجدول II .
 - (3) طول القوس الشاقولي L ، يساوي $(L=XA)$.
 - (4) احسب الارتفاعات والمناسيب بالطريقة الاعتياديه .
 - (ب) الرسم : الاعتبار منحني سكة الحديد الصحيح لاجل رسم المنحني الشاقولي في المقطع الطولي :
 - (1) اوجد نصف القطر المساوي R للمنحني الشاقولي من : $R = 100L/A = 100X$
 - (2) رقم منحني سكة الحديد بالمليمترات يساوي : $R \text{ mm} \times \sqrt{V/H^2}$
- فاذا كان المقياس الانفي للمقطع هو فرسا (1/500) طيه : $H = 500$
- واذا كان المقياس الشاقولي للمقطع هو فرسا (1/200) طيه : $V = 200$
- واذا كانت منحنيات سكة الحديد المستخدمه لاتزال بالانجات هيبساطه ، ادج R بالانجات ايضا .

امثلة محلولة

مثال 1 : يتألف طول طريق منفذ من ميل ساعد نسبته 1 الى 20 يعقبه منحني قمه شاقولي على شكل قطع مكافئ طوله 100 م ومن ثم ميل هابط نسبته 1 الى 40 حيث يصل المنحني كلي الميلين ماسا اياهما ، وان منصوب اعلى نقطه للمنحني يساوي 173.070 م فوق خط الاسناد . وقد تقرر تصميم مدى الرؤيه فوق هذا الجزء من الطريق بابدال هذا المنحني بمنحني اخر قطع مكافئ بطول 200 م . اوجد صف الحفرات المطلوبه عند منتصف المنحني ، ثم رتب مناسب النقاط التي تبعد عن بعضها 30 م على المنحني الجديد في جدول . ما هو مدى الرؤيه على المنحني الجديد لعائق يرتفع مستوى مينييه 1.05 م على مستوى الطريق . (جمعية المهندسين المدنيين البريطانيه)

الحل : ازل خطوة هنا هي ايجاد منصوب نقطة ابتداء المنحني الجديد ، ويمكن ايجاد ذلك فقط من المملحات المتوفره لاول نقطه P (شكل 39-5) .

القوس القديم

طول مسار اعلى نقطه P من T_1 يساوي : $L = 100 \text{ m}$ ، $A = 7.5\%$ ، $x = \frac{100}{7.5} = 13.33$ ، $x = 5\%$ ، $L = 67 \text{ m}$.

المسافة (T_2C) هي انفرجال الميلين (7.5 م في 100 م) فوق نصف طول المنحني البالغ 50 م وتساوي

$$T_2C = 7.5 \times 0.5 = 3.75 \text{ m.} = 4Y$$

$$Y = 3.75/4 = 0.938 \text{ m.} \quad \text{اذن الازاحة الوسطية Y :}$$

$$PB = 0.938 \times (67/50)^2 = 1.684 \text{ m.} \quad \text{وهكذا فالازاحة (PB) :}$$

$$= 173.070 + 1.684 = 174.752 \text{ m.} \quad \text{اذن فان منصوب B على المماس يساوي :}$$

وهذه النقطة تبعد 17 م من I وحيث ان طول المنحني الجديد يساوي 200 م فسيكون بعدها 117 م من نقطة الابتداء T_2 للمنحني الجديد .

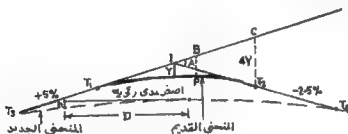
$$\text{اذن فمقدار الانخفاض من B الى } T_3 \text{ للمنحني الجديد يساوي : } 5 \times 1.17 = 5.850 \text{ m.}$$

$$\text{اذن منصوب } T_3 \text{ يساوي : } 174.754 - 5.850 = 168.904 \text{ m.}$$

يتضح بانه لما كانت قيمة A ثابتة عندما تضاف قيمة L ، فان قيمة Y — الازاحة الوسطية للمنحني

الجديد — ايضا تضاف لتمطي 1.876 م .

اذن صف الحفر عند المنتصف يساوي 0.938 م .



شكل 5-39

الفرق الثاني الفرق الاول

$y_1 = 1.876 \times \frac{30^2}{100^2} = 0.169$	0.169	0.337
$y_2 = 1.876 \times \frac{60^2}{100^2} = 0.675$	0.506	0.339
$y_3 = 1.876 \times \frac{90^2}{100^2} = 1.520$	0.845	0.336
$y_4 = 1.876 \times \frac{120^2}{100^2} = 2.701$	1.181	0.339
$y_5 = 1.876 \times \frac{150^2}{100^2} = 4.221$	1.520	0.337
$y_6 = 1.876 \times \frac{180^2}{100^2} = 6.078$	1.857	
$y_7 = 4y = 7.504$		

والان تمتزج المناسيب على طول المعاصر (T_3C) على فترات طولها 30 م .

ملاحظات	مناسيب المنحني	الارتفاعات	مناسيب الجاس	طول المسار m
T_3 للقوس الجديد	163-904	0	163-904	0
	170-235	0-169	170-404	30
	171-229	0-675	171-904	60
	171-834	1-520	173-404	90
	172-203	2-701	174-904	120
	172-183	4-121	176-404	150
	171-826	6-078	177-904	180
T_4 للقوس الجديد	171-400	7-504	178-904	200

من الشكل 5-39 يمكن بيان ان اقل رؤيه $visibility$ تساوي نصف مدى الرؤيه $sight distance$ عليه يمكن احتسابها من القانون المناسب . مع ذلك ، اذا اتخذ ارتفاع عين السائق h مساويا 1.05 م كإلحاحه ، فان :

$$\frac{h}{Y} = \frac{D^2}{(L/2)^2}$$

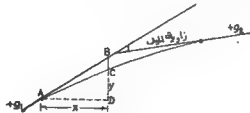
$$\frac{1.05}{1.966} = \frac{D^2}{100^2} \quad \text{وهكذا :}$$

$$D = 73 \text{ m.}$$

مثال 2 ، ميل ساعد g_1 يعقبه ميل ساعد اخر g_2 (اقل من g_1) . وقد تم ايهال هذين الميلين بمنحني شاقولي ذي معدل ثابت لتغيير الميل . بين انه في اية نقطة على المنحني ، يعطى الارتفاع y فوق اول نقطة تماس A بموجب المعادله التاليه :

$$y = g_1 x - \frac{(g_1 - g_2) x^2}{2L}$$

حيث ان x هي المسافة الافقيه للنقطه من A ، وان L هي المسافة الافقيه بين نقطتي التماس .
 اعمل جدولا للارتفاعات فوق A للارتفاع التي تبعد مسافة 100 م ومساغاتها من A عندما :
 $g_1 = +5\%$ ، $g_2 = +2\%$ ، $L = 1000 \text{ m}$.
 على اية مسافة افقيه من A يكون الميل مساويا (3%) ؟ (جمعية المهندسين المدنيين البريطانيين)



شكل 5-40

الحل : في الشكل 5-40 ، من قانون الارتفاعات :

$$\frac{BC}{Y} = \frac{x^2}{(L/2)^2}$$

$$\therefore BC = Y \cdot \frac{4x^2}{L^2}$$

$$Y = \frac{AL}{8} (\text{محطة}) = \frac{(g_1 - g_2) L}{8} \quad \text{ولكن :}$$

$$\therefore BC = \frac{(g_1 - g_2) L \cdot 4L^2}{8L^2} = \frac{(g_1 - g_2) x^2}{2L} \quad \dots (1)$$

والآن :

$$BD = g_1 x \quad \dots (2)$$

$$y = BD - BC = g_1 x - \frac{(g_1 - g_2) x^2}{2L} \quad \text{وهكذا ، وحيث :}$$

نباستخدام المعادله اعلاه (التي هي صحيحة فقط اذا كانت المسافات الاقلية x و L مقاسة بالمحطات ، والمحطة تساوي 100 م) :

$$y_1 = 5 - \frac{3 \times 1^2}{20} = 4.85 \text{ م.}$$

$$y_2 = 10 - \frac{3 \times 2^2}{20} = 9.40 \text{ م.}$$

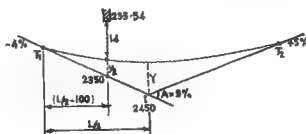
$$y_3 = 15 - \frac{3 \times 3^2}{20} = 13.65 \text{ م.}$$

وهكذا . . .

زاوية الميل تساوي (3%) أي 1000 م
تغير الميل من (5%) الى (3%) يساوي (2%)

$$= \frac{1000}{3\%} \times 2\% = 667 \text{ م.} \quad \text{اذن المسافة تساوي :}$$

مثال 3 : ميل هابط مقداره (4%) يلتقي بميل صاعد مقداره (5%) عند طول خط مسار 2450.00 م ومنسوب 216.420 م . وكان منحوب المطح المنطلي لجسر يساوي 235.540 م عند طول مسار مقداره 2350.00 م . وكان من المقرر ايعال الميئين بمنحني على شكل قطع مكافئ* شاقولي ليعطي ارتفاعا صافيا مقداره 14 م تحت الجسر . ادج الناصيب على فترات مقدارها 50 م وضافاتها على طول المنحني .



شكل 4-5

الحل : لايجاد الازاحه للمنحني عند الجسر ، شكل 4-5 .

$$\begin{aligned} & \text{المنسوب على الميل عند طول مسار} \quad 2350 \text{ م} : 220.42 \text{ م} \\ & \text{المنسوب على المنحني عند طول مسار} \quad 2350 \text{ م} : 221.54 \text{ م} \\ & \text{اذن الازاحه عند المسار} \quad 2350 \text{ م} : \text{تساوي} : 1.12 \text{ م} \end{aligned}$$

من قانون الازاحات :

$$\frac{y_2}{Y} = \frac{(L/2 - 100)^2}{(L/2)^2}$$

$$Y = \frac{AL}{800}, \quad A = 9\%$$

حيث :

$$\frac{1.12 \times 800}{9L} = \left(1 - \frac{200}{L}\right)^2$$

$$1.12 \times 4x = 9(1 - x)^2$$

وبتمويض $(x = \frac{200}{L})$ التي منها :

$$x^2 - 2.5x + 1 = 0$$

وهذه تعطي $(x = 2)$ أو $(x = 0.5)$

اذن L تساوي 400 متر ، حيث أن $(x = 2)$ غير محتملة .

$$Y = \frac{9 \times 400}{800} = 4.5 \text{ m.}$$

والآن :

التي منها تستخرج بقية الازاحات كما يلي :-

$$y_1 = 4.5 \times \frac{50^2}{200^2} = 0.28 \text{ m.}$$

حد طول مسار 50 م تكون الازاحة y_1 :

$$y_2 = 4.5 \times \frac{100^2}{200^2} = 1.12 \text{ m.}$$

حد طول مسار 100 م تكون الازاحة y_2 :

$$y_3 = 4.5 \times \frac{150^2}{200^2} = 2.52 \text{ m.}$$

حد طول مسار 150 م تكون الازاحة y_3 :

$$Y = 4.50 \text{ m.}$$

حد طول مسار 200 م تكون الازاحة Y :

ولاجل توضيح الطريقة الاخرى، فانه بالامكان اعادة هذه الازاحات على الميل الثاني، حد :

$(y_3 = 250\text{m.})$ و $(y_2 = 300\text{m.})$ و $(y_1 = 350\text{m.})$ ، وسوف تحتسب الان المناسيب على طول كل ميل من I الى T_1 وإلى T_2 على التوالي .

ملاحظات	مناسيب المنحني	ازاحات	مناسيب الميسل	طول المسار
T_1 بداية المنحني	224.42		224.42	0
	222.70	0.28	222.42	50
	221.54	1.12	220.42	100
	220.94	2.52	218.42	150
	220.92	4.50	216.42	200
I وسط المنحني	221.44	7.52	218.92	250
	222.54	1.12	221.42	300
	224.20	0.28	223.92	350
	226.42		226.42	400
T_2 نهاية المنحني				

مثال 4 : منحني شاقولي على شكل قطع مكافئ طوله 150 م يحل ميلا صاعداً نسبته 1 الى 100 بميل هابط نسبته 1 الى 50 . فاذا اخذت نقطة التماس T_1 بين الميل الاول والقوس كمرجع ، اوجد مناسيب النقاط التي تقع على فترات مقدارها 25 م على طول القوس حتى يلتقي بالميسل

الثاني عند T_2 . أيضا اوجد منسوب القبة معطيا المسافة الافقيه لهذه النقطة من T_1 .
 اذا كان جسم ارتفاعه 75 ملم واقعا على الطريق بين T_1 و T_2 على مسافة 3 م من T_2 ،
 وكانت سيارة تقترب من اتجاه T_1 . اوجد موقع السيارة عندما يري حائتها الجسم لأول مرة ، اذا كان
 ارتفاع عينيه 1.05 م فوق مستوى سطح الطريق . (جامعة لندن)

الحل ، لايجاد الازاحات ،
 $A = 3\% , \therefore 4Y = \frac{L}{200} \times 3\%$
 $= 2.250 \text{ m.} , Y = 0.562 \text{ m.}$

$\therefore Y_1 = 0.562 \times \frac{25^2}{75^2} = 0.062$ $Y_4 = 0.562 \times \frac{100^2}{75^2} = 1.000$
 $Y_2 = 0.562 \times \frac{50^2}{75^2} = 0.250$ $Y_5 = 0.562 \times \frac{125^2}{75^2} = 1.562$
 $Y_3 = 0.562 \times \frac{75^2}{75^2} = 0.562$ $Y_6 = 4Y = 2.250$

وان تحقيقات ثانية للفرق سوف تؤكد هذه القيم .

والان باعتبار T_1 مرجعا (اوتقطة اسناد) تحسب المناسيب على فترات مقدارها 25 م لك 150 م
 طول على طول الميل 1 الى 100 (1%) .

الملاحظات	المناسيب المنحني	الازاحات	المناسيب المائل	طول المسار
بداية المنحني T_1	100-000	0	100-000	0
	100-188	0-062	100-188	25
	100-250	0-250	100-250	50
	100-188	0-562	100-188	75
	100-00	1-000	100-00	100
	99-688	1-562	99-688	125
نهاية المنحني T_2	99-250	2-250	99-250	150

المسافة الى اعلى نقطة من T_1 :
 $= \frac{150}{3\%} \times 1\% = 50 \text{ m.}$

مدى الرؤية S ($S < L$)

من المعادله 33-5 :
 $S = ((h_1)^{\frac{1}{2}} + (h_2)^{\frac{1}{2}}) \cdot (\frac{200L}{A})^{\frac{1}{2}}$

فمنعندما :
 $h_1 = 1.05 \text{ m.} , h_2 = 0.075 \text{ m.}$

$\therefore S = 130 \text{ m.}$

فالسيرة اذن هي على بعد 17 م من T_1 وهي بين T_1 و T_2 .

مثال 5 • ميل طريق نسبته 1 إلى 60 هابطاً يتبعه ميل صاعد مقداره 1 إلى 30 . وقد تمت تسوية الوادى المتكونه بواسطة منحني دائري نصف قطره 1000 م في المستوى الشاقولي . واذا امتد الميالن فانهما سيلتقيان في نقطة منسوبها 299.650 م وذات طول مسار مقداره 4020 م . هناك مقترح لتحسين الطريق بادخال منحني اطول على شكل قطع مكافئ parabola . ولاجل تحديد كمية الردم فقد تقرربان يكون منسوب المنحني الجديد 3.000 م فوق السطح الاصلي عند المسار 4020 م . اوجد : (a) طول المنحني الجديد (b) مناسب نقاط التماس (c) مناسب نقاط الربح (d) طول المسار الى ارجأ نقطه على المنحني الجديد . (جامعة لندن)

الحل : لايجاد الازاحة الوسطيه y للمنحني الجديد : شكل 42-5

$$\Delta = \cot 60^\circ + \cot 30^\circ = 2^\circ 51' 51''$$

$$BI = R (\sec \Delta/2 - 1) = 0.312 \text{ m.}$$

$$AI = Y = 3.312 \text{ m.}$$

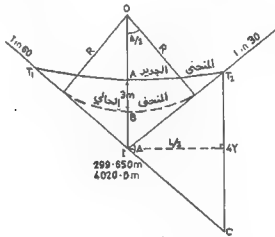
$$T_2C = 4Y = 13.248 \text{ m.}$$

من معلومات المنحني البسيط :

والان :

فالازاحة الوسطية (AI) اذن تساوي :

ثم



شكل 42-5

لايجاد طول المنحني الجديد :

الميل 1 إلى 60 يساوي (1.67%) والميل 1 إلى 30 يساوي (3.33%)

اذن فزاوية الميل $\Delta = 5\%$:

$$L/2 = \frac{13.248}{5} \times 100$$

(a) فمن المثلث (T₂I C) :

$$L = 530 \text{ m.}$$

$$= 1.67 \times 2.65 = 4.426 \text{ m.}$$

$$= 299.650 + 4.426 = 304.076 \text{ m.}$$

$$= 3.33 \times 2.65 = 8.824 \text{ m.}$$

$$= 299.650 + 8.824 = 308.474 \text{ m.}$$

(b) الارتفاع من I الى T₁ :

اذن فالمنسوب في T₁

الارتفاع من I الى T₂

اذن فالمنسوب عند T₂

(c) المناصب عند نقاط الربح :

تقع أول نقطة ربح على مسافة 132.5 م من T_1 .
 إذن المنسوب على الميل :
 $= 304.076 - (1.67 \times 1.325) = 301.863 \text{ m.}$
 والارتفاع :
 $= 3.312 \times (\frac{1}{2})^2 = 0.828 \text{ m.}$
 إذن منسوب المنحني :
 $= 301.863 + 0.828 = 302.691 \text{ m.}$
 ثاني نقطة ربح تقع على مسافة 397.5 م
 إذن المنسوب على الميل :
 $= 304.076 - (1.67 \times 3.975) = 310.714 \text{ m.}$
 الارتفاع :
 $= 3.312 \times (3/2)^2 = 7.452 \text{ m.}$
 إذن منسوب المنحني :
 $= 310.714 + 7.452 = 318.166 \text{ m.}$

(d) موقع أوطاً نقطه على المنحني من T_1 :
 $= \frac{530}{5\%} \times 1.67\% = 177 \text{ m.}$
 فطول المصار عند T_1 :
 $= 4020 - 265 = 3755 \text{ m.}$
 طول المصار عند أوطاً نقطه :
 $= 3755 + 177 = 3932 \text{ m.}$

تساير

- (1) منحنى شاقولي طوله 120 م على شكل قطع مكافئ ، من المقرر أن يحصل ميلاً هابطاً نسبته 1 إلى 200 بميل صاعد نسبته 1 إلى 300 ، فإذا كان منسوب نقطة تقاطع الميولين 30.360 م .
 اوجد المناصب على فترات مقدارها 15 م على طول المنحني .
 إذا كان ارتفاع الضوء العالي لسيارة 0.375 م فوق مستوى سطح الطريق ، فعلى بعد أية مسافة سوف يلامس الشعاع الطريق عندما تكون السيارة في بداية المنحني . افرض بأن الشعاع يكون أفقياً عندما تكون السيارة على سطح مستوى . (جامعة لندن)
 (الجواب : 30.660 و 30.594 و 30.504 و 30.486 و 30.477 و 30.489)
 و 30.516 و 30.558 و 103.80 م)
 (2) طريق ذو ميل صاعد مقداره 1 إلى 15 متصل بميل نازل مقداره 1 إلى 20 بواسطة منحنى شاقولي على شكل قطع مكافئ طوله 120 م . اوجد مدى الرؤية التي بإمكان هذا المنحني توفيرها لسائقين متقابلين قادمين والتي ترتفع عنيهما 1.05 م فوق سطح الطريق .
 كجزء من مشروع لتحسين الطريق فقد تقرر إنشاء منحنى شاقولي جديد وعلى شكل قطع مكافئ ،
 أيضاً ليحل محل القديم ، وبحيث أن الرؤية تزداد إلى 210 م لنفس ارتفاع عيني السائقين .
 اوجد : (a) طول المنحني الجديد .
 (b) المسافة الأفقية بين نقاط التماس القديم والجديد على الميل 1 إلى 15 .
 (c) المسافة الأفقية بين القمم للمنحنيين .
 (جمعية المهندسين المدنيين البريطانية)
 (الجواب : 92.94 م ، (a) 612 م ، (b) 246 م ، (c) 35.7 م)

(3) تقرر تصميم منحنى شاقولي منخفض sag curve على شكل قطع مكافئ* لتسهيل ميل هابط نسبته ١ الى 20 بميل صاعد نسبته ١ الى 15 ، حيث ان طول المسار والمنسوب للنقطة تقاطع الميلين هما 797.70 م و 83.544 م على التوالي . ولأجل تأمين ارتفاع السقف الضروري توجب ان يكون المنسوب للمنحنى عند طول مسار 788.70 م على جهة الميل الهابط من نقطة التقاطع هو 85.044 م . اوجد :

(ا) المناصب reduced levels واطوال الصارات لنقاط التماس ولاطاً نقطة على المنحني .

(ب) المناصب لأول وتدين على المنحني ، علماً بان الاوتاد قد ثبتت على فترات مقدارها 30 م للمسار الافقي . (جمعية المهندسين المدنيين البريطانية)

(الجواب :) (ا) T_1 745.24 م ، T_2 86.166 م ، T_3 850.16 م ، T_4 87.042 م ، اوطاً نقطة (185.104 ، 185.941 ، 185.041 ، 179.21) (ب)

(4) يتألف سطح طريق مقترح من ميل صاعد نسبته (2%) يعقبه ميل هابط بنسبة (4%) متصلان بمنحني قبة شاقولي على شكل قطع مكافئ* طوله 120 م . يلاقي امتدادان الميلين منسهما مقداره 28.500 م فوق خط الاسناد السلمي . اوجد المناصب (RL) لنهايتي المنحني وعلى فترات مقدارها 30 م ثم على اعلى نقطه (القمه) .

ما هي اقل مسافة التي يكون عندها السائق الذي ارتفاع عينه 1.25 م فوق سطح الطريق غير قادر على رؤية عارض ارتفاعه 100 ملم . (جمعية المهندسين المدنيين البريطانية)

(الجواب :) 27.300 ، 27.675 ، 27.600 ، 27.075 (الجواب :) 26.100 م ، على نقطة 27.699 م ، 87 م (

المسح تحت الارض والمسح المائي

يكون موضع الامتحان عادة في المسح تحت الارض موضوع ربط ، وهذا هو اسلوب يجرى فيه نقل الاتجاهات الزاوية bearings ونقل الاحداثيات من خط قاعده base line على سطح الارض الى خط قاعده تحت الارض ، عندما يكون الطريق الوحيد لذلك من خلال مهواة شاقولية ، حيث تستغل مختلف اصاليب المسح السلكيه .

WEISBACH TRIANGLE METHOD

1-6 طريقة مثلث وايزباخ (شكل 1-6)

يتبين بان هذه هي اكثر الطرق المستخدمة في اعمال الهندسة المدنية ، حيث يجرى تعليق السلكين W_1 و W_2 شاقوليا في مهواة شاقليه vertical shaft مكونين خط قاعده صغيرا جدا . والبدأ في ذلك هو ايجاد الاتجاه الزاوي والاحداثيات للقاعده السلكيه نسبة الى القاعده على السطح .
ولغرض ايجاد الاتجاه الزاوي للقاعده السلكيه على السطح يجب لحساب الزاويه $(W_2 W_1 W_g)$ في المثلث كما يلي :

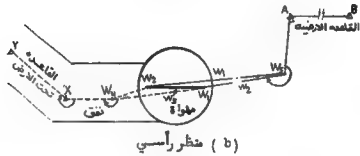
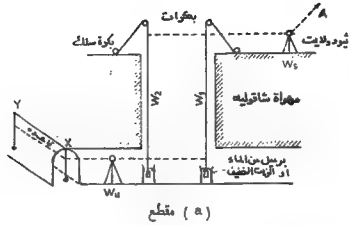
$$\sin \hat{W}_2 = \frac{W_2}{W_g} \sin \hat{W}_g \quad \dots (1-6)$$

وحيث ان مثلث وايزباخ متكون من انحراف محطة وايزباخ W_g من استقامة السلكين ، فالزاويتان في W_g و W_2 صغيرتان جدا ، ويمكن كتابة المعادله 1-6 بالشكل التالي :

$$\hat{W}_2 = \frac{W_2}{W_1} \hat{W}_g \quad \dots (2-6)$$

(المقدار اعلاه هو دقيق الى حصد 7 مراتب عشريه عندما تكون الزاويه \hat{W}_g اصغر من 18° ،
والى حد 6 مراتب عشريه عندما تكون \hat{W}_g اصغر من 45°) .
من المعادله 2-6 يمكن الاستدلال بان خطأ القراءه في الزاويه \hat{W}_g سوف يضرب بالكسر (W_2/W_g) ،
وعليه فان تأثيره سيقل عندما يكون W_2/W_g اقل من واحد .

وهكذا يجب ان يكون جهاز الزوايه في W اقرب ما يمكن من السلك الامامي W_1 بحدود ما يسمح به التبور ، ويفضل ان يكون على سافه اصغر من طول القاعده السلكيه $(W_1 W_2)$.
والان سوف يجرى حل المثال التالي باستخدام معلوما ت مبسطه لشرح الطريقه . فبالرجوع الى الشكل 1b-6 فقد تم الحصول على المعلومات الحقيقيه التاليه :



شكل 1-6

القراءات على السطح :

$$\begin{aligned} \hat{B A W}_6 &= 90^{\circ}00'00'' , W_1 W_2 = W_6 = 10.000 \text{ m.} \\ \hat{A W}_2 W_6 &= 260^{\circ}00'00'' , W_1 W_6 = W_2 = 5.000 \text{ m.} \\ \hat{W}_1 W_6 W_2 &= 0^{\circ}01'20'' , W_2 W_6 = W_1 = 15.000 \text{ m.} \end{aligned}$$

القراءات تحت الأرض :

$$\begin{aligned} \hat{W}_2 W_1 W_4 &= 0^{\circ}01'50'' \Rightarrow y = 4.000 \text{ m.} \\ \hat{W}_1 W_4 X &= 200^{\circ}00'00'' \Rightarrow x = 14.000 \text{ m.} \\ \hat{W}_4 X Y &= 240^{\circ}00'00'' \end{aligned}$$

الحل لمنث وإيخاخ فوق السطح :

$$W_6 W_2 W_1 = \frac{5.000}{10.000} \times 80'' = 40''$$

وبنفس الطريقة للمنث تحت الأرض :

$$W_2 W_1 W_4 = \frac{4.000}{10.000} \times 110'' = 44''$$

ويحتسب الآن الاتجاه الزاوي للقاعدة (XY) تحت الأرض نسبة إلى القاعدة (AB) فوق السطح بطريقة مماثلة للمثلث :

$$\begin{aligned}
 &= 89^{\circ}00'00'' \\
 &= 179^{\circ}00'00'' \\
 &= 260^{\circ}00'00'' \\
 &\hline
 &439^{\circ}00'00'' \\
 &-180^{\circ}
 \end{aligned}$$

بفرض ان الدائره الكامله (w.c.b) لاتجاه (AB) الزاوى :
 فالدائره الكامله (w.c.b) لاتجاه (AW₁) الزاوى :
 الزاويه (A W₈ W₂)

$$\begin{aligned}
 &= 259^{\circ}00'00'' \\
 &= 79^{\circ}00'00'' \\
 &= + 0^{\circ}00'40'' \\
 &\hline
 &79^{\circ}00'40'' \\
 &= 259^{\circ}00'40'' \\
 &= - 0^{\circ}00'44'' \\
 &\hline
 &258^{\circ}59'56'' \\
 &= 200^{\circ}00'00'' \\
 &\hline
 &458^{\circ}59'56'' \\
 &-180^{\circ}
 \end{aligned}$$

الدائره الكامله لاتجاه (W₈ W₂) الزاوى :
 الاتجاه الزاوى المعكوس (W₂ W₈) :
 الزاويه (W₈ W₂ W₁)

$$\begin{aligned}
 &= 79^{\circ}00'40'' \\
 &= 259^{\circ}00'40'' \\
 &= - 0^{\circ}00'44'' \\
 &\hline
 &258^{\circ}59'56'' \\
 &= 200^{\circ}00'00'' \\
 &\hline
 &458^{\circ}59'56'' \\
 &-180^{\circ}
 \end{aligned}$$

الدائره الكامله لاتجاه (W₂ W₁) الزاوى :
 الدائره الكامله للاتجاه المعكوس (W₁ W₂) :
 الزاويه (W₂ W₁ W_u)

$$\begin{aligned}
 &= 258^{\circ}59'56'' \\
 &= 200^{\circ}00'00'' \\
 &\hline
 &458^{\circ}59'56'' \\
 &-180^{\circ}
 \end{aligned}$$

الدائره الكامله لاتجاه (W_u X) الزاوى :
 الزاويه (W₂ X Y)

$$\begin{aligned}
 &= 278^{\circ}59'56'' \\
 &= 240^{\circ}00'00'' \\
 &\hline
 &518^{\circ}59'56'' \\
 &-180^{\circ}
 \end{aligned}$$

الدائره الكامله لاتجاه (XY) الزاوى :
 القاعده تحت الارض

ان عملية نقل الاتجاه الزاوى هي في بالغ الاهميه ، فالاحداثيات يمكن ايجادها بالطرق الاحتياديه باستخدام كافة الاطوال المقاسه (AB) و (AW₈) و (W_u X) و (XY) .

6-1- شكل مثلث وايزباخ Shape of the Weisbach Triangle

كما اشير اليه سابقا ، فان الزاويين W₈ و W₂ في المثلث هي اصغرها يمكن . والسبب في ذلك يمكن توضيحه بالنظر الى تأثيرات الاخطاء المعقوبه في القراءات على الزاويه المحاسبه W₂ .

$$\sin \hat{W}_2 = \frac{W_2}{W_1} \sin \hat{W}_s \quad \text{من المعادلة الاساسية :}$$

لجر المفاضلة differentiate بالنسبة الى كل الكميات المقاسة بالتأوب :

$$\cos W_2 \cdot \delta W_2 = \frac{W_2}{W_s} \cos W_s \cdot \delta W_s \quad \text{بالنسبة الى } W_s :$$

$$\therefore \delta W_2 = \frac{W_2 \cos W_s}{W_s \cos W_2} \cdot \delta W_s \quad \dots (a)$$

$$\cos W_2 \cdot \delta W_2 = \frac{\sin W_s}{W_s} \cdot \delta W_2 \quad \text{بالنسبة الى } W_2 :$$

$$\therefore \delta W_2 = \frac{\sin W_s}{W_s \cos W_2} \cdot \delta W_2 \quad \dots (b)$$

$$\cos W_2 \cdot \delta W_2 = \frac{-W_2 \cdot \sin W_s}{W_2^2} \cdot \delta W_s \quad \text{بالنسبة الى } W_s :$$

$$\therefore \delta W_2 = \frac{-W_2 \sin W_s}{W_s^2 \cdot \cos W_2} \cdot \delta W_s \quad \dots (c)$$

عليه :

$$\begin{aligned} \delta W_1 &= \pm \left[\frac{W_2^2 \cos^2 W_s}{W_s^2 \cos^2 W_2} \delta W_s^2 + \frac{\sin^2 W_s}{W_s^2 \cos^2 W_2} \delta W_2^2 + \frac{W_2^2 \sin^2 W_s}{W_s^2 \cos^2 W_2} \delta W_s^2 \right]^{1/2} \\ &= \pm \frac{W_2}{W_s \cos W_2} \left[\cos^2 W_s \delta W_s^2 + \sin^2 W_s \frac{\delta W_2^2}{W_2^2} + \sin^2 W_s \frac{\delta W_s^2}{W_s^2} \right]^{1/2} \end{aligned}$$

$$\cos W_s = \frac{\sin W_s \cos W}{\sin W_s} = \sin W_s \cot W_s \quad \text{ولكن :}$$

التي بالتعويض تعطى :

$$\delta W_2 = \pm \frac{W_2}{W_s \cos W_2} \times$$

$$\left(\sin^2 W_s \cot^2 W_s \cdot \delta W_s^2 + \sin^2 W_s \cdot \frac{\delta W_2^2}{W_2^2} + \sin^2 W_s \cdot \frac{\delta W_s^2}{W_s^2} \right)^{1/2}$$

$$= \pm \frac{W_2 \sin W_s}{W_s \cos W_2} \times \left(\cot^2 W_s \cdot \delta W_s^2 + \frac{\delta W_2^2}{W_2^2} + \frac{\delta W_s^2}{W_s^2} \right)^{1/2}$$

$$\frac{W_2 \cdot \sin W_s}{W_s} = \sin W_2$$

بواسطة قانون الجيبوب :

وهكذا بالتعويض نحصل على :

$$\delta W_2 = \pm \tan W_2 \left(\cot^2 W_s \cdot \delta W_s^2 + \left(\frac{\delta W_2}{W_2} \right)^2 + \left(\frac{\delta W_s}{W_s} \right)^2 \right)^{1/2} \quad \dots (3-6)$$

وهكذا ولنغرض تقليل الخطأ القياسي (δW_2) الى اقل ما يمكن :

- (1) يجب ان يكون ($\tan W_2$) اصغرا ما يمكن، اذن يجب ان تقرب الزاوية W_2 من الصفر.
- (2) حيث ان W_2 صغيرة جداً، فان W_s ستكون صغيرة جداً ايضاً، وهكذا ($\cot W_s$) سوف يكون كبير جداً وان تأثيره سيقل كثيراً اذا كانت (δW_s) صغيرة جداً، عليه يجب قياس الزاوية W_s بدقة متناهية.

2-1-6 مصادر الخطأ Sources of Error

يكون الخطأ القياسي في الاتجاه الزاوي الشاقول e_B نتيجة التأثيرات المشتركة التالية :

- (a) خطأ في ربط القاعدة على السطح بالقاعدة السلكية e_g .
- (b) خطأ في ربط القاعدة السلكية بالقاعدة تحت الأرض e_u .
- (c) خطأ في تعيين شاقولية مستوى السلك e_p .

$$e_B = \pm (e_g^2 + e_u^2 + e_p^2)^{\frac{1}{2}} \quad \text{وهذه تعطي :}$$

فالأخطاء e_g و e_p يمكن إيجادها بالطريقة الاعتيادية من فحص الطرق المتبعة وأنواع الاجهزة المستخدمة . كما ان مصدر الخطأ e_p هو بالغ في الاهمية نظراً للضرر المتأخر في طول القامسدة السلكية .

فاذا اصطب الخطأ عقوبة e_2 لسلكين منحرفين w_1 و w_2 تماوى 1 ملم ، فان e_p تماوى 100" لقاعدة سلكية طولها 2 م . ويحدد مجلس الفهم الوطني البريطاني قيمة لـ e_B مقدارها 2'00" فعليه من المعادلة 6-3 يفرض ($e_g = e_u = e_p$)

$$e_p = \frac{2'00''}{3^{\frac{1}{2}}} = 70''$$

والتي لنفس القاعدة السلكية ذات طول 2 م يسمح بانحراف للسلكين مقداره 0.7 ملم فقط . تفيد هذه الارقام للاشارة الى الدقة والاعتناء الكبيرين الضروريين في تثبيت شاقولية المهواة shaft .

3-1-6 شاقولية مستوى السلكين Verticality of the Wire Plane

العوامل التي تؤثر على شاقولية السلكين هي :

- (a) تيارات التمهيه في المهواة .
- (b) الحركة اليندوليه لشاقول المهواة .
- (c) التشوهات الحرارية في السلك .

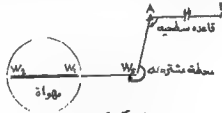
(a) يجب ان تتوقف كل التمهيه المصطنعه ويحافظ على الشاقول من تأثير التمهيه الطبيعيه .
(b) يمكن ان تقلل حركة ثقالة الشاقول حول نقطة تعليقها بتغطيتها في اناء من الماء او زيت خفيف ، اما عندما تكون المهواة عتيقة فان منع الحركة يستحيل ، وبذلك يصبح قفل الاسلاك في موضع وسط ذبذبتها ضروريا .

يمكن ان تخفف سعة ذبذبات السلك التي تؤدي الى حركه اضافيه للذبذبه باستعمال ثقالة شاقول ثقيلة تكون فيها نقطة تعليقها قريبة من مركز ثقلها ومزودة برؤوف كيسييه .

(c) تعطي عملية حفظ مسلك الشاقول ملفوا على بكره صغيرة القطر تشوهات حرارية للسلك ، ويمكن تقليل تأثيرها باستخدام اقل ثقالة ممكنه للشاقول ، وهذا يجب احتسابه للسلك المستخدم باتباع معاميل اسمان معقول .

تطبق هذه المصادر من الاخطاء على كافة المسوحات التي تتم بواسطة الاسلاك .

مبدأ هذه الطريقة الاخرى مبينه في الشكل 2-6 ، فالملثث في الطريقة السابقة يمحذف بنصب المزواة في w_3 وعلى استقامة السلكين w_1 و w_2 تماما . ويمكن اتمام هذه الاستقامة بسهولة بالتجربة وذلك بالتشير focusing اولا على السلك الامامي ثم على الخلفي ، فيمكن رؤية كلا السلكين من خلال المنظار حتى ولو كانا على استقامة واحدة . يجب تثبيت الجهاز على بعد لا يزيد على 3 او 4 امتار من السلك القريب وهناك معدات خاصة لمنع الحركة الجانبية للمزواة والتي تؤثر على وزنها . وفي حالة عدم استخدام كذا معدات يجب بذل أقصى الجهد لجعل رأس ركيزة الجهاز افقيا .

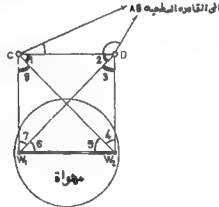


شكل 2-6

تكون حركة عدسة التشير في هذه الطريقة طويلة نسبيا ، وهكذا لجعل الاستقامة دقيقة يجب ان ينطبق محور النظر للعدسة الشيئية على محور عدسة التشير لكافة مواضع التشير ، وإذا وجد أي انحراف كبير حدها يجب اعادة الجهاز الى الصنع . الميزة الرئيسية في هذه الطريقة هي بساطتها والاحتمال الضعيف في نشوء الاخطاء الكبيرة gross errors .

5-1-6 شكل وايز الرباعي (شكل 3-6) Weiss Quadrilateral

=====



شكل 3-6

يمكن اتباع هذه الطريقة عندما يكون تثبيت الجهاز - ولو تقريبا - على خط استقامة القاعدة السلكية $(w_1 w_2)$ مستحيلا ، حيث تثبت المزواة في C و D مولفة بذلك الشكل الرباعي $(CDW_2 W_1)$ ، فيستخرج الاتجاه الزاوي واحداتيات (CD) نسبة الى القاعدة السطحية ثم يستخرج اتجاه القاعدة السلكية من الشكل الرباعي . بعدها تقاس الزوايا 1 و 2 و 3 و 8 مباشرة وتستخرج الزوايا 4 و 7 كالاتي :

$$\hat{4} = (180^\circ - (\hat{1} + \hat{2} + \hat{3}))$$

$$\hat{7} = (180^\circ - (\hat{1} + \hat{2} + \hat{8}))$$

و تستخرج الزاويتين الباقيتين 5 و 6 من :

$$\sin \hat{1} \sin \hat{3} \sin \hat{5} \sin \hat{7} = \sin \hat{2} \sin \hat{4} \sin \hat{6} \sin \hat{8}$$

$$\frac{\sin \hat{5}}{\sin \hat{6}} = \frac{\sin \hat{2} \sin \hat{4} \sin \hat{8}}{\sin \hat{1} \sin \hat{3} \sin \hat{7}} = x \quad \dots (a)$$

$$\frac{(\hat{5} + \hat{6})}{(\hat{1} + \hat{2})} = \hat{y} \quad \dots (b)$$

$$\sin \hat{5} = x \sin \hat{6}$$

$$\sin (\hat{y} - \hat{6}) = x \sin \hat{6}$$

$$\sin \hat{y} \cos \hat{6} - \cos \hat{y} \sin \hat{6} = x \sin \hat{6}$$

$$\sin \hat{y} \cot \hat{6} - \cos \hat{y} = x$$

$$\cot \hat{6} = \frac{x + \cos \hat{y}}{\sin \hat{y}} \quad \dots (5-6)$$

بعد ايجاد الزاويه 6 من المعادله 5-6 ، يمكن ايجاد الزاويه 5 بالتصوير في (b) .

يشير تحليل الخطأ للكل المبين الى ما يلي :

(a) افضل شكل للشكل الرباعي هو المربع .

(b) زيادة النصب بين طول الضلع (GD) الى القاعده السلكيه يزيد من الخطأ القياسي للاتجاه .

لقد طوت الطريقة اعلاه بالتوجيه من خلال مهواة واحد ، والتي هي الحالة العامة في اعمال

الهندسة المدنية . اما اذا توفر مهواتان فالتوجيه يمكن ان يتم من خلال سلك واحد في كل مهواة ،

وهذه الطريقة تعطي قاعدة سلكية اطول . كذلك فان اخطاء الانحراف في السلك تكون اقل خطورة .

2-6 الجايرو ثيودولايت GYRO - THEODOLITE

هناك طريقة اخرى بجانب استخدام الطرق السلكية وهي طريقة استخدام الجايرو ثيودولايت .

وهذا هو جايروسكوب متجه نحو الشمال مرغّب على جهاز مزواة يمكن استخدامه في توجيه خطوط

القاعده تحت الارض نسيبة الى الشمال الحقيقي .

هناك نوعين رئيسيين متوفرين هما الجايروسكوب العام المستخدم من قبل "المؤسسه

الدقيق لخط الطول Precision Indicator of Meridian (P.I.M.) والجايروسكوب

المعلق الذي يستخدم من قبل شركة ويلد Wild G.A.K.I. .

كنا هذه الجاير وسكوب هو عبارة عن دولاب طيار مربع الدوران محور الدوران فيه افقي ، حيث يدور الجاير من الغرب الى الشرق كما تدور الارض . وان المركبة الاقمية لدوران الارض تؤدي الى تذبذب محور الدوران حول موقع الشمال الحقيقي .

قبل البدء بشرح نظرية الجاير وسكوب المتجه الى الشمال ، يمكن الاستفادة من مراجعة قوانين نيوتن للحركة . فاذا ادت القوة F الى زيادة سرعة الكتلة m من v_1 الى v_2 خلال زمن مقداره t فان :

$$F \propto (m \cdot v_2 - m \cdot v_1) / t$$

$$(\quad) = a = (v_2 - v_1) / t \quad \text{التسجيل}$$

$$F \propto m \cdot a$$

بالامكان جعل ثابت التناسب C في المعادلة ($F = C \cdot m \cdot a$) مساويا وحدة unity باعطاء وحدات

F قيمة مناسبة ، فباستخدام وحدات النظام المتري (S, I) تصبح قيمة C بالحقيقة 1 .

$$F = (m \cdot v_2 - m \cdot v_1) / t$$

وهكذا يساوي معدل تغير الزخم الطولي .

$$T = (I \Omega_2 - I \Omega_1) / t$$

وبنفس الطريقة :

وهكذا يساوي معدل تغير الزخم الزاوي .

$$T \propto F$$

وهكذا :

$$I \text{ هو عزم القصور الذاتي}$$

$$\Omega \text{ هي السرعة الزاوية للدوران}$$

ويمكن ادراج النظرية كالاتي :

(1) يوضح الشكل 3a-6 دولاب طيار دائري فيه السرعة الزاوية للدوران تساوي Ω .

(2) تنتج السرعة الزاوية هذه متجه العزم الزاوي ($a.m.v$) angular momentum vector (OA) (مماثلا لاتجاه ليلب ايمن عند دخوله) .

(3) والان لاحظ عندما يتغير موقع ال ($a.m.v$) الى (OB) في المستوى الافقي (AOB) خلال الزمن t .

(4) وهذا يؤدي الى تغير في العزم الزاوي لـ (AB) الذي يساوي :

$$= I \Omega_2 - I \Omega_1$$

والذي يمكن اعتباره - لازاحة صغيرة - كتغير متجه بزاوية 90° الى (OA) .

(5) لغرض تغير موقع متجه الزخم الزاوي من A الى B ، يجب اضافة كمية متجهه الى النظام .

كذا كمية هي رد فعل لتأثير عزم الـ Torque T على طول محور موازي لـ (AB) "محور عزم الـ" .

$$T = (I \Omega_2 - I \Omega_1) / t$$

وهكذا :

(6) القوة F التي تؤثر شاقوليا الى الاسفل على محور الدوران سوف تنتج رد فعل لتأثير عزم

$$T = F \cdot R$$

الـ T مساويا :

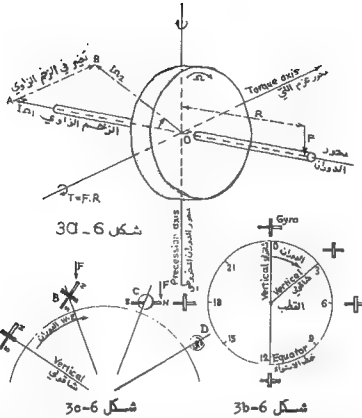
وهكذا لغرض الازحاز :

تأثير F المسلطه شاقوليا الى الاسفل على محور دوران قرص دائري هو ليجعل محور الدوران يدور مخروطيا process في مستوى افقي حول المحور الشاقولي للدوران المخروطي . ستمتد الحركة المخروطية

وطيه ستمتد مقاومة المزدوج couple تماما حتى ينطبق مستوى القرص الدوار على مستوى المزدوج

المؤثر . بعدها يتوقف الدوران المخروطي ، وكذلك تتوقف كل مقاومه للمزدوج المؤثر . ان تأثير

دوران الارض على القرص الدائري gyro يعني بالخلاصه التاليه :



شكل 6-3a

شكل 6-3b

شكل 6-3c

- لاحظ الشكل 6-3b الذي يوضح فيه القوس الدوار على الساحة صفر ومحور دورانه باتجاه شرق - غرب . استنادا الى طبيعة القوس الذاتي للجايروسكوب فانه سيحافظ على مستوى دورانه في الفراغ بينما يدور اق الأرض earth horizon في الفضاء . وهكذا بالرغم من بقاءه في مستويته فانه يظهر بالنسبة للأرض كأنه يدور بمعدل دورة واحدة في كل 24 ساعة .
- في A (شكل 6-3c) ، غخذ تقلا على شكل بندول مثبت بمحور الجايرو فأند سيؤشر الى مركز الأرض ويجعل محور الجايرو افقيا . وافترض ان اتجاه المحور هو شرق - غرب .
- في B ، يظهر دوران الأرض ميلا ظاهريا apparent tilt كما موضح في الشكل 6-3b . فلن يبق الان ارتكاز ثقل البندول معتدل ، حيث ان تأثير الجاذبيه يكون واضحا بشكل رئيس في النهاية العليا للمحور . فتأثير هذه القوة F الى الاسفل هو ليجمع الدوران المخروطي precess كما مبين في C .
- اما في D فقد جعل الدوران المخروطي محور الدوران يتذبذب ضمن خط طول الشمال - جنوب . وفي هذا الموقع يكون اتجاه دوران القوس مائلا لاتجاه دوران الأرض وعليه فليس له تأثير على ثقل البندول . وهكذا ، نظريا سيشير محور الدوران باتجاه شمال - جنوب وتتف الحركة بالكامل . مع ذلك ، صليا تؤدي ظاهرة القوس الذاتي للنظام بأن يعبر محور الدوران خط طول الشمال - جنوب مسببا في ذلك تذبذب محور الدوران حول خط الطول هذا .
- من نظرية الدولاب الطيار spinning wheel التي تثبت بأن مجموع الدوران الزاوي صغير ، فيمكن ان يعبر عن حركة محور الدوران الافقي حول الشاقول كالتالي :

$$K_1 \ddot{\theta}_1 + K_2 \ddot{\theta}_2 + K_3 \ddot{\theta}_3 = 0 \quad \dots (6-6)$$

حيث θ هي الزاوية بين محور الدوران والشمال الحقيقي ، وأن K_1 و K_2 و K_3 هي كيات ثابتة .

حلّ المعادله هو الحركة التوافقية البسيطة المخمدة Damped Simple Harmonic Motion
والتي تقتب فيها θ من الصفر أسيا . فتممين موقع الشمال الحقيقي اذن يشمل تثبيت محور التماثل
axis of symmetry لذبذبة الجايرو . يمكن تحقيق ذلك بقياس زاوية الحركة (طريقة النقطة
المعكسبة Reversal Point Method) او قياس زمن الحركة (طريقة التحويل
Transit Method) .

2-2-6 تقنيات التصديدا والرصد Observational Techniques

هناك عدة طرق لتصميم موقع الشمال التقريبي ، فلتعال الدقيقه يمكن اتباع احدى الطريقتين التاليتين :

(a) طريقة النقطة المعكسبة Reversal Point Method

يثبت الجهاز الى الشمال تقريبا ، ويعتمد مقدار التقريب على مدى حركة لولب الحركة البطيئة للقرص
المحلى للجهاز . حيث يثبت لولب الحركة البطيئة في منتصف مدى حركته ويعطى الجايرو حرية الحركة
وترصد حركته بالاليداد من خلال تركيب بصري خاص . تؤخذ قراءات الدائرة الافقيه في كل مرة
يصل فيها القرص الدائرا على ذبذبه شرق او غرب خط الزوال meridian ، وهذه المواقع (r)
تسمى النقاط المعكسبة reversal points . فاقل عدد من القراءات يجب توفرها هو ثلاثة
ومعدلها يصطي باتجاه الشمال الحقيقي .

هناك عدة طرق لايجاد المعدل ، واكثرها شيوعا هي طريقة (معدل سكولر Schuler's Mean)
والتي يمكن توضيحها بالرجوع الى الشكل 4-6 .

$$N_1 = \frac{1}{2} \left(\frac{r_1 + r_3}{2} + r_2 \right) = \frac{1}{2} (r_1 + 2 r_2 + r_3) \quad \dots (7-6)$$

وان قراءة اضافية r_4 تساعد في ايجاد معدل آخر وهكذا :

$$N_2 = \frac{1}{2} \left(\frac{r_2 + r_4}{2} + r_3 \right) = \frac{1}{2} (r_2 + 2 r_3 + r_4) \quad \dots (8-6)$$

وعليه يمكن ايجاد اتجاه الشمال الحقيقي N بدقة اكر من :

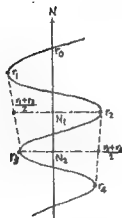
يدعو الدكتور توماس T.L.Thomas (مؤتمر المساحة لدول جنوب افريقيا المتعقد في كانون الثاني
1967) الى اتباع طريقة الاربعة نقاط المتجانسه باستخدام رصدتين الى الشرق ورصدتين الى
الغرب . فالمعادله هي مجرد معدل $(N_1 + N_2)$ اي :

$$N = \frac{1}{8} (r_1 + 3 r_2 + 3 r_3 + r_4) \quad \dots (9-6)$$

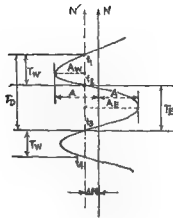
وقد ابتكر برونسور لوف Lauf طريقة استخدم فيها التطبيق القياسي لنظرية اصفر الترميمسات
Least Squares مع تحليل احصائي بالنسبة لاعتمادية القراءات .

(b) طريقة التحويل Transit Method

يقبل الاليداد alidade متوجها الى الشمال N تقريبا ، ويمكن تحقيق ذلك باستخدام القياس
الانبيبي حيث ان التقريب المطلوب هو فقط لأقرب $(\pm 20^\circ)$ ، عدها يعطى الجايرو حرية الحركة
وتؤخذ ثلاثة تحويلات متتاليه لمحور الدوران حول علامة الصفر في الجهاز باستخدام ساعة توقيت
stopwatch خاصه ذات يد حامله .



شكل 4-6



شكل 5-6

من الشكل 5-6 ، هـد مرز الجايرو بعلامة الصفر لتدرجات القياس الثانوى يدون الزمن t_1 ، وعندما يعلى الى استقلاته الغربيه يقرأ موقعه A_W على القياس . وعندما يرجع ثانية الى علامة الصفر يدون الزمن t_2 ، وعندما الفتره $(t_2 - t_1)$ تساوى T_W المعروفه كصف زمن الذبذبه للاستطالة الغربيه . وتمطي الاستطالة الشرقيه القراءه A_E والزمن t_3 الذى منه يستخرج T_E يتضح من المرتسم بانـه اذا كانت A_E اكبر من A_W فان N' هي الى الغرب من N وان التصحيح (ΔN) هو موجب :

$$\Delta N = C \cdot A \cdot \Delta T \quad \dots (10-6)$$

حيث : $A = \frac{1}{2} (A_W + A_E)$ وان (ΔT) تساوى المجموع الجبرى للزمنه T_W و T_E (عادة تعتبر T_E موجب و T_W سالبه) او $(-T_W + T_E)$ ، ثم C تساوى ثابت التغير .
يكفي ان تجد قيمه C مرة واحده لكل جهاز وكما يلي :
بتوجيه الاليداد اولاً الى شرقى ومرة لخرى الى غرب الشمال الحقيقى ، تؤخذ قراءات التحميل الاعتياديه معطيه مصادلتين :

$$N = N_1' + C A_1 \Delta T_1$$

$$N = N_2' + C A_2 \Delta T_2$$

وعليه فان :

$$C = \frac{N_1' - N_2'}{A_2 \Delta T_2 - A_1 \Delta T_1} \quad (\text{min. of time/div. of scale/sec. of time}) \quad \dots (11-6)$$

بالدقائق من القوس لكل جزء من القياس لكل ثانيه من الزمن .

في كلتا الطريقتين يجب ان يحتسب ثابت التعمير K للجهاز على اساس قراءات تؤخذ على خط قاعده لعمت معروف . و يطبق هذا الثابت K على الجايرو N من المرات لاطاء الشمال الحقيقى . يجب اجراء تدقيق للتعيمير بشكل مستمر حيث ان قيمه K تتغير بسيطه خلال فترة من الزمن . كلا الطريقتان تستغرقان بحدود 20 الى 30 دقيقه للانجاز مصطيتين معدلا لمربع الاخطاء

mean square error (m.s.e.) يساوى $(\pm 15'')$ من القوس .

ولو ان الاتجاه الزاوى لكل من القاعدتين على السطح وعت الارض مرتبطين جايروسكوبيا فان موقعهما النسبي يبقى غير مرتبط ، وهذا يمكن تحقيقه من خلال سلك مفرد في المهواة .
ثبتت الاحداثيات السطحية بواسطة التثليث triangulation او التقاطع الخلفي resection او التضلعي المباشر ، بعدها يتم ربط القاعده تحت الارض بالسلك عادة بالتضلعي مباشرة ، وطيه فهو من الواضح في هذه الحالة ان الاخطاء الناتجة عن انحراف السلك هي ليست خطيره .

ثابت التعمير للجهاز

عادة لا يكون المقياس الذى تلاحظ عليه ذبذبات الجايروسكوب منطبقا تماما على الاتجاه المشير الى الشمال في الجايروسكوب كما في طريقة السهم amplitude method . كذلك يجب ان ينطبق الخط المصغر بمقياس الجايروس على محور الزوايا . اذن فان هذه الاخطاء تكون ثابتة للجهاز K الذى يمكن تعيينه فقط باخذ قراءات على خط قاعده سته معلوم ، وعليه :

$$N = N_G + K$$

حيث N هو الشمال الحقيقي او الجغرافى .
N_G هو شمال الجايروس (الى الشمال الظاهرى المستغرق بواسطة الجايروسكوب)
K هو ثابت التعمير للجهاز .

وهكذا :

$$\begin{array}{lcl} \text{سمت القاعده المعلومه} & : & 30^{\circ} 25' 30'' \\ \text{شمال الجايروس للقاعده} & : & 30^{\circ} 28' 30'' \end{array}$$

$$\text{قسمة K} : 0^{\circ} 03' 00'' =$$

فقد اثبتت التجارب بان قيمة K هي ليست ثابتة ولكنها تتغير ببطء خلال فترة من الزمن ، وعليه فمن الضرورى اجراء تدقيق على تعمير الجهاز بشكل مستمر لاجل الحصول على نتائج مقبولة عند استخدام مزواة الجايروس Gyro-theodolite .

2-3- اخطاء الاجهزة التي تؤثر على اجهزة مزواة الجايروس

(a) خطأ صفر الشريط ، يعرف موقع صفر الشريط بانه الموقع الذى تكون فيه المجموعه المتذبذبه في حالة سكون بالنسبة للجهاز ، مع عدم دوران الجايروس . في الموقع صفر تتوازن القوى المحركة للشريط لتعطي الحامل لمجموعه الجايروس والراصحات .
يثبت موقع صفر الشريط كانه معدل علامة الجايروس الذى يكون الجايروس فيها غير دائري ولكنه متدلي بحرية . وهكذا اذا كانت d₁ d₄ هي القراءات المتكسبة لعلامة الجايروس على مقياس الجايروس ، فهو وسط التذبذب يساوى a :
$$a = (d_1 + 3d_2 + 3d_3 + d_4) / 8$$

يمكن تنظيم الجهاز بصحيح خطأ موقع الصفر او يجرى تعديل مقبضه (C.D.S) حيث :

$$C = \frac{\text{torque بسبب الشريط}}{\text{عزم اللي بسبب الدوران}}$$

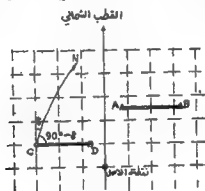
وهذه القيمة تجهز مع الجهاز ، و s " هي قيمة تدريج واحد للمقياس بثوان من القوس . فلو اهل خطأ صفر الشريط فانه يصبح جزءا من ثابت الجهاز K وسيجب تغير في هذه القيمة .

(ب) انحراف الدائرة ، وهذا هو تحرك في الدائرة الافقية والذي يعزى سببه ، ربما لتذبذب الجايرو . وهكذا يجب ملاحظة صفر الاسناد لخط القاعد $Reference\ Zero$ قبل وعد قراءات الجايرو ، ويؤخذ المعدل .

(ج) تغير خط النظر واختلاف مركزيته ، وهذا يصعب التخلص منه حيث لا يمكن تغيير الوجه في بعض انواع الجايرو ، وعليه بالامكان اتباع اساليب خاصة في اخذ القراءات لتقليل هذا الخطأ .
(د) اختلاف مركزيته الدائرة ، سبق وان نوقش هذا النوع من الخطأ في الفصل الثالث ، ويمكن تقليصه في اعمال الجايرو بتدوير الدائرة بزوايا 180° نسبة الى صفر الاسناد بين كل مجموعه واخرى من القراءات .

4-2-6 تقارب خطوط الطول Convergence of Meridians

لما كانت الجايروسكوبات تدور في الشمال الحقيقي فان اتجاه خط القاعد تحت الارض يجب ان يصحح قبل ان يربط بشبكة محليه او وطنيه . ويمكن توضيح التصحيح δ من الشكل 6-6 الذي فيه الاتجاه الزاوي الشبكي لخط القاعد (AB) على السطح هو باتجاه الشرق ، ولما بان نقطة الاصل للشبكة هي نقطة 0 على خط طول كرتي ، بفرض ان خط القاعد تحت الارض يوازي خط القاعد على السطح فبان اتجاهه الزاوي لو كان ثابتا جايروسكوبيا فانه سيموازي $(90^\circ \pm \delta)$ من C حيث (CN) هو اتجاه الشمال الحقيقي . ويمكن التأكد من الشكل بان الخط δ هو ناتج من تقارب خطوط الطول .



شكل 6-6

فاذا استند المشروع الهندسي على الشبكة الوطنية البريطانية British National Grid فالتصحيح δ يمكن احتسابه باستخدام " جداول التصحيح البريطاني " O.S. Projection Tables for the Traverse Meractor Projection of G.B. .
للخطوط الطويلة فقط يستخدم التصحيح $(t-T)$ ، وعليه فليس هناك داع للاخذ به في احوال باطن الارض . واذا كان حجم المسح باعداد صغير ومبني على شبكة محليه فان تصحيحا مماثلا سوف يكون ضروريا (انظر كتاب المسح الهندسي - الجزء الثاني - صحيفه 124 الى 138)⁽¹⁾

5-2-6 خطوات الرصد Observational Procedures

لفرض زيادة توضيح النظرية آنفة الذكر ، سيمعطى الان امثلة لكلي الطريقتين للقراءة في جهاز مزودة الجايرو Gyro-theodolite .

1 المقصود هنا الطبعه الانكليزية حيث لا تتوفر الطبعه العربية في الوقت الجاضر .

يوجد محور الجايرو الى الشمال تقريبا ، ويسرع الدوران الى أقصى سرعته ثم يبدئ بهبوط . عندما يبدأ الجايرو بالاعتماد من خط وسط المقياس كما هو مؤشر على مقياس الجايرو فإنه يتابع بحيث يبقى على خط وسط المقياس وذلك بتدوير لولب الحركة البطيئة tangent screws للمزواة . وعندما يصل الى قل نقطته العكسية اليسار (x_1 في الشكل 6-4) يتوقف الحركة لمدة ثواني وتقرأ الدائرة الافقية للمزواة . بعدها يرجع الجايرو الى الخلف بحيث يبقى على علامة الصفر لمقياس الجايرو . الى نقطته العكسية اليمين x_2 . وعندها تقرأ المزواة ثانية . وهكذا يتابع حركة الجايرو بألفائه بكل بساطة على خط وسط مؤشر الجايرو ، بينما تقاس صمته حركته بواسطة المزواة .

عكسي	قراءة الدائرة الافقية
x_1 (يسار)	31' 00" 42°
x_2 (يمين)	32' 40" 49°
x_3 (يسار)	02' 04" 41°
x_4 (يمين)	21' 37" 49°

$$\begin{aligned}
 N_1 &= \frac{1}{2} (x_1 + 2x_2 + x_3) \quad \text{معدل سكولر} \\
 &= \frac{1}{2} (42^{\circ}00'31'' + 99^{\circ}21'04'' + 42^{\circ}04'02'') = 45^{\circ}51'24'' \\
 N_2 &= \frac{1}{2} (x_2 + 2x_3 + x_4) = 45^{\circ}51'29'' \\
 \therefore N &= (N_1 + N_2)/2 = 45^{\circ}51'26''
 \end{aligned}$$

وهذه هي قراءة الدائرة الافقية لشمال الجايرو .

يمكن اجراء تحقيق للحسابات وذلك بدفع N_1 و N_2 لتعطي N حيث :

$$\begin{aligned}
 N &= \frac{1}{8} (x_1 + 3x_2 + 3x_3 + x_4) \\
 N &= 45^{\circ}51'26'' \quad \text{والان افرضان المزواة موجهة باستقامة خط القاعد وان معدل قراءة الدائرة الافقية كان} \\
 &\text{فالقاعد يديه يلتصق} \quad 10^{\circ}00'00'' \quad \text{باتجاه عقرب الساعة من شمال الجايرو وان اتجاهها الزاوي} \\
 &\text{نسبة الى شمال الجايرو هو اذن} \quad 10^{\circ}00'00'' \\
 &\text{ان تطبيق ثابت الجهاز } X \text{ والذي يساوي قل } (-03^{\circ}00'') \text{ سوف يحدد الاتجاه الزاوي لخط القاعد} \\
 &\text{الى سمت الجغرافي الصحيح ، اى } 09^{\circ}57'00'' \text{ نسبة الى الشمال الحقيقي .} \\
 &\text{فاذا ربطت اصال المسح بالشبك الوطني البريطاني يجب حدها تطبيق التصحيح } \delta \text{ لتلاص خطوط} \\
 &\text{الطول (اى الفرق بين شمال الشبكة والشمال الحقيقي) وايضا ربما التصحيح } (x-y) \text{ (اى الفرق} \\
 &\text{بين الاتجاه الزاوي المرصود والاتجاه الزاوي المقابل في الشبكة) . في بعض الاحيان تتطلب الحاجة} \\
 &\text{تطبيق تصحيح لا يلاحظ عندما يكون انحراف الشاقول عالى جدا ، مع ذلك فان هذا التصحيح في اغلب} \\
 &\text{الحالات هو اقل من } 03'' \text{ من القوس . (يجب على الطلبة مراجعة الجزء الثاني لتفاصيل التصحيحات} \\
 &\text{اعلاه والامثلة المحلولة) .}
 \end{aligned}$$

في حالة المسوحات المحلية ذات الحجم المحدود في شبك كارتيزى (اى $x \sim y$) فان

تقارب خطوط الطول فقط يؤخذ بنظر الاعتبار .

يشعر الشكل 6-6 الى العلاقة بين التصحيحات المختلفة لشمال الشبكة وفي هذه الحالة الى

مشرق الشمال الحقيقي ، وطيه :

$$\begin{aligned} \theta &= 10^{\circ} 00' 00'' & \text{الاتجاه الزاوي للجايرو (AB) يساوي } \theta \\ K &= - 0^{\circ} 03' 00'' & \text{ثابت الجهاز يساوي } K \text{ ويساوي } \\ (\theta + K) &= 09^{\circ} 57' 00'' & \text{الصمت الجغرافي يساوي } (\theta + K) \text{ ويساوي } \end{aligned}$$

$$\left. \begin{aligned} \delta &= - 43' 09'' \\ t-T &= + 00' 04'' \end{aligned} \right\} \text{تقارب خطوط الطول يساوي } \delta \text{ ويساوي } \text{محتسبه من جداول الجيوديسي}$$

$$\phi = 09^{\circ} 13' 55'' \quad \text{الذي اتجاه زاوي خط القاعده (AB) للشبك الوطني}$$

(b) طريقة المحسب Transit Method

في هذه الطريقة يوجه الجايرو سكوب تقريبا الى الشمال N وينقل الجهاز بالكامل . ثم تجرى ملاحظة لذبذبة مؤشر الجايرو حول مقياس الجايرو وتؤقت . فعلى سبيل المثال عندما يكون الجايرو فوق خط وسط المقياس تكون القراءة صفرا . والوقت صفرا ايضا . وعند وصول الجايرو لنقطته العكسية اليسار (A_L) تلاحظ قراءة مقياس الجايرو ، وعند رجوعه الى الصفر يلاحظ الوقت t_2 . (راجع الشكل 5-6) ونفس الطريقة تلاحظ قراءة مقياس الجايرو لنقطته العكسية اليمين (A_R) ثم الوقت t_3 عند رجوع الجايرو مرة ثانية الى الصفر بالنسبة لمؤشر الجايرو .

تلخص المعلومات الحظية بالشكل التالي:

الوقت التصوير ϕ	التوقيت اليسار A_L	الوقت اليمين A_R	القراءات المعكوسة A_{Ld}/A_{Rd}	$\phi(A_{Ld} + A_{Rd})$	الزاوية الدائرية N	ΔN
0 m 00.0 s	3 m 16.1 s	- 7.2 s	- 11.8 (A_{Rd})	12.35	45° 59' 00"	+4.25'
3 m 16.1 s	+8 m 23.3 s	+7.7 s	+12.9 (A_{Ld})	12.35		+4.25'
6 m 39.4 s	3 m 15.6 s	- 7.6 s	- 11.8	12.35		+4.4'
9 m 55.0 s	+3 m 23.2 s	+12.9	+12.9			
13 m 18.3 s					المعدل	+4.4'

$$N = C . A . \Delta T$$

حيث :

C : ثابت التناسب ويساوي 0.0478 دقيقة من القوس / تدريج لمقياس الجايرو \times ثانية من الزمن

$$A = \frac{1}{2} (A_L + A_R) = \frac{1}{2} (11.8 + 12.9) = 12.35$$

$$\Delta T = (\text{ثانيه } 23.3 \text{ دقيقة } 3) + (\text{ثانيه } 16.7 \text{ دقيقة } 3) - (\text{المجموع الجبري للأزمنة}) = + 7.2 \text{ ثانيه}$$

(A_L سالبة و A_R موجبة) ...

$$\Delta N = 0.0478 \times 12.35 \times 7.2 = 4.25' \quad \text{وطيه}$$

$$N = N' + \Delta N = 45^{\circ} 51' 26'' \quad \text{قراءة الدائرة الانتهى لشمال الجايرو } N$$

يمكن إيجاد قيمة C بسهولة باستخدام الطريقة المذكورة اعلاه حيث يكون الجهاز موجه باتجاه غرب الشمال ثم شرق الشمال . وهكذا .

يحدد تعيين خط النفق بطريقة المسح بالسلك* أو بواسطة قراءات الجايرو يجب تعيينه موقعيا داخل النفق . فمثلا في حالة مثلث وإيزاباخ (شكل 6-6b) يمكن احتساب اتجاه (W_u, W_v) ثم بمعرفة الاتجاه الزاوي التصميمي للنفق بالامكان احتساب الزاوية θ وتنشأ لتصطفي الاتجاه الزاوي التصميمي θ ثم تؤخذ المسافة (XW_u) حيث من السهولة احتسابها من المثلث القائم (W_u, X, W_v) .

بعدها يثبت الخط موقعيا بثلاثية اوتاد في السقف على استقامة واحدة والتي يمكن تعليق ثلاثة اسلاك مثقلة فيها وكما مبين في الشكل 6-6c، حيث يفيد السلك الثالث في تحقيق السلكين الآخرين . يمكن تحريك الاسلاك لمسافات قصيرة الى الامام بواسطة الممين ولكن يجب ان تدقق دائما بواسطة المزواة بأسرع وقت .

بالامكان ضبط ميل النفق بواسطة قضبان عظميه معكوسة متدليه من السقف ومثبتة بطرق الوزن الاعتيادية . عندما تستخدم صفائح النفق للحفر، يمكن استخدام نظام ليزر laser في التوجيه لضبط موقع ووضع الصفيحة، حيث توجه اشعة ليزر بحيث توازي محور النفق من حيث الاتجاه والميل و يبنسا على الصفيحة نظام لتحسس الموقع وهذا يحوى اجزاء بصرية الكترونية لتحسس موقع ووضع الصفيحة بالنسبة الى مرجع ليزر laser datum . كحصانة ضد الذبذبات تؤخذ 300 قراءة بالثانية ويؤخذ المعدل . هنالك منظما بالقرب من وحدة التحسس يغطي الازاعات displacement بالمليمترات مصححه تلقائيا للفرس للقف على بكرة . اضافة الى ذلك يظهر اللف roll والسبق lead والتعلق look - up كذلك مع تفاصيل موقع صفائح متقدمة لمسافة 5 امتار الى الامام بمجرد الضغط على زر . عندما تكون الصفيحة تماما على الخط يظهر ضوء اخضر في وسط الشاشة . يمكن نقل المعلومات المذكورة اعلاه بكاملها الى دائرة الهندسة التي تبعد بضع مئات من الامتار . كذلك هنالك معلومات كاملة ومطبوعة تلقائيا متوفرة للمهندسين لاي موقع للصفيحة . ان النظام الممين هنا باختصار هو نظام (TG-26) المسمى والصنعت من قبل "اجهزة زيد ZED المحدودة" - تويكنهام - المملكة المتحدة " .

اضافة الى ما هو مذكور اعلاه ، تثبت "علامات مرصعة" داخل النفق بقياس مثلثات متساوية الاضلاع بواسطة الشريط من خط الوسط او حيث تسمح ابعاد النفق بالدوران خلال زاوية 90° بواسطة المزواة ، شكل 6-6d . ان القياس من هذه العلامات يساعد في اكتشاف السبق الموجود في الحلقات ، فمثلا لو كانت $D_1 > D_2$ فالفرق هو مقدار السبق الموجود في الحلقات الى اليسار ، ويسمى الفراغ بين الحلقات الزحف creep . اما في المستوى الشاقولي ، اذا كان اعلى الحلقة متقدما على اسفلها فهذا يسمى "تدلي overhang" والعكس يسمى "تعلق Look-up" . كل هذه المعلومات هي ضرورية لتقليل مقدار التصرف في استقامة النفق الى اقل ما يمكن .

تثبيت الليزر

الطاقة الناتجة للليزر التجاري بصورة عامه هي بحدود 5 ميللوات milliwatts والكثافة في مركز شعاع دائري قطره 2 سم هي بحدود 13 ميللوات على السنتيمتر المربع الواحد $(13m.w./cm^2)$ وهذا يمكن مقارنته مع كثافة ضوء الشمس الساقط في المناطق الاستوائية وقت الظهر في يوم ساطع اي $(100m.w./cm^2)$ ، وكما في الشمس ، يجب استخدام زجاجات واقية عند النظر الى الليزر .

في الواقع ، كل الليزرزات المستخدمة في اعمال الانفاق هي من الانواع التي تثبت على الحائط او السقف ، وهكذا فان تثبيتها يكون حرجا جدا . وهذا يمكن تحقيقه بعمل ثقب دائري في كل من صحتين تثبتان بدقه على خط استقامة النفق بواسطة جهاز مزواة اعتيادي ، ثم يضع الليزر خلف اول ثقب بعدة امتار وتتم بحيث يمر الشعاع من خلال الثقبين وهكذا يجرى تعيين خط النفق . بعدها يصبح تحريك احد الثقبين بالنسبة للآخر مفيدا في تعيين خط الميل .

ان فائدة النظام اعلاه هو ان الاشعه سوف تتحجب في حالة تحرك الصفتين او تحرك الليزر ، وفي هذه الحاله سوف يعتلج المساح او المهندس الى اصلاح الخط ، ولغرض القيام بذلك يجب تثبيت علامات للتحقيق في النفق والتي يمكن انجرأ القياسات الضرورية .

بعد تثبيت الليزره ، يجب ان لا تؤدي الاشعه الى تآكل الجدار لتفادي انكسارات عرقله ، فتعذب الارض والانكسار يحدثان المدى لخط الليزر 600 م كحد اقل . بعد ذلك يتطلب الامر تحريكها الى الامام . ولغرض تقليل الخطأ الموجود في ضبط الاستقامه يجب جعل الثقب الابعد عن الليزر يبعد ثلث المسافه الكليه للشعاع عن الليزر .

المركبه الشاقليه

بالاضافه الى نقل الاتجاه الزاوي الى اسفل المهواة يجب ربط مناسب السطح مع المناسيب تحت الارض ايضا .

هناك طريقه يقاس بها عمق البئر او المهواة باستخدام شريط معدني قياسي طوله 30 م ، حيث يربط صفر الشريط الى راقم التسميه في السطح وكما مبين في الشكل 6-6 ، وتوضع النهايه الثانيه بدقه باستخدام مثبت جداري ، وتستمر هذه العمليه باتجاه اسفل المهواة حتى تؤخذ قراءة آلة التسميه على آخر طول للشريط عند نقطه B . يطبق شد قياسي على الشسشريط خلال العمليه وتثبت درجة حرارته لكل جزء . هنالك تصحيح اخر يتم بالنسبه لاستطالة الشريط بسبب تأثير وزنه باستخدام المعادله التاليه :
(بالامتار) $w = W L / 2 A E$ (الاستطاله)
حيث :

E هو معامل المرشه للمعدن (نيوتن / ملم تربيع) (N/mm^2)

L هو طول الشريط (متر)

A هي مساحه مقطع الشريط (ملم مربع) mm^2

w هو وزن الشريط (نيوتن)

وطيه فالمسافه المصححه (ΔB) تستخدم لايجاد قيمه راقم التسميه تحت الارض نسبه الى الراقم فوق السطح .

في حالة توفر شريط مهواة خاص (بطول 1000 م) يكون بالامكان تنفيذ العمليه بخطيه واحده . يجب القيام بهذه العمليه مرتين في الاقل ويؤخذ بالمعدل . باستخدام شريط طوله 30 م يمكن تحقيق دقة 1 الى 5000 . اما شريط المهواة فيعطي 1 الى 10 000 من الدقه . وقد

استخدمت معدات قياس المسافه الالكترومغناطيسيه (E.D.M) (Elect.Magnetic Distance Measurements) لقياس اصاق المهواة ، حيث توضع مرآة عاكسه خاصه في اطل المهواة وهذه توضع باستقامه جهاز

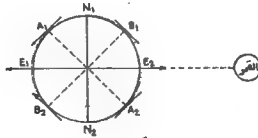
ال (E.D.M) سابق الذكر . بعدها تدور في المستوى الشاقولي حتى يهبط شعاع القياس
بحاكسة في أسفل المهواة . وبهذه الطريقة تقاس المسافة من الجهاز الى العاكسة ومنها
تستخرج المسافة من المرآة الى العاكسة . يربط المرآة الى كل من راقي التسميه على السطح
وتحت الارض على التوالي ، يمكن ايجاد العلاقة بين قيمتهما .

3-6 المسح المائي HYDROGRAPHIC SURVEYING

تم كذا مسوحات فيما له علاقة بانشاء المواني ولحواض السفن وبغايات المياه الثقيله ... الخ .
فعلية يحتاج المهندس لمعلومات من نظريات المدّ والموج اضافة الى طرق المسح الاساسيه .

1-3-6 نظرية المدّ والجزر Tidal Theory

كلا العالمين نيوتن ولا بلاس قد درسا هذه الظاهره ولكن لم تمرأى من النظريتين اهتماما الى
المتغيرات الكثيره ككتل الاراضي غير المنتظمه والاصاق المتغيره للمياه ... والخ ذات العلاقه .
فالقوة الرئيسية المولده للمد هي قوة الجذب القمرى ، ويتأثير أقل الجذب الشمسي ، والنسبة هي
2.34 الى 1 .
فاذا اخذنا جسم من الماء على سطح الارض ، فسوف يفرض القمر قوة جذب على هذا الجسم تتناسب
طرديا مع كتلة الجسمين وكما مع مربع المسافة بينهما . مع ذلك ، وحديثا ان الارض نفسها ستكون
معرضه الى هذا الجذب فان القوة المحصلة المؤثرة على الجسمين هي الفرق بين القوتين وتسمى
القوة المولده للمد . وهذا الفرق في الجذب هو صغير جدا (9×10^{-7}) وعليه ليس له تأثير على
القشرة الارضيه .



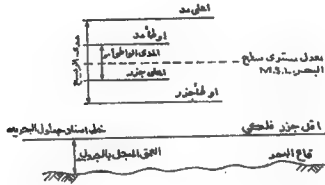
شكل 7-6

فاذا اخذنا جذب القمر عند خط الاستواء (شكل 7-6) فان الجذب المباشر عند E_1 و E_2
سيقابلة انضغاط عند N_1 و N_2 مع وجود اتجاهات متوسطة بين الموقعين . وهذه قوة الجذب
القمرى يمكن ان تحلل الى مركبتين ، تسمى المركبة الاقنية فيها " قوة السحب tractive force " وهذه قوة السحب تؤدي الى تحريك الماء من N_1 و N_2 باتجاه E_1 و E_2 ، علما بان كثافتها
العظمى تكون عند النقاط A_1 و A_2 و B_1 و B_2 . وبهذه الطريقة تظهر ظاهرة المد في E_1 و E_2
وظاهرة الجزر في N_1 و N_2 .

تبنى توقعات المد والجزر ، في الواقع ، على التحليل التوافقي لقياسات سابقة ، ابتداءً من تحليل منحنيات المد والجزر المأخوذة من مقاييس المد والجزر تلقائية التسجيل ، وهذه المعلومات تستخدم بعدئذ في أعداد جهاز يقيّد في إعطاء توقعات لمعلومات مد وجزر مستقبلية .

6-3-1 مصطلحات المد والجزر (شكل 6-8) Tidal Nomenclature

مدود وجزر الربيع Spring Tides ، هي الأعلى (والأعلى) للشهر وتحدث عندما يكون التأثير المزدوج لجذب الشمس والقمر أكبر ما يمكن (قمر جديد أو كامل) . في الواقع يحدث المد أو الجزر بعض الفترة الظليلة (يوم أو يومين) بعد الوقت النظري ، وهذا يسمى " age of tide " .



شكل 8-6

مدود وجزر الربيع الاعتدالية Empirical Spring Tides ، وهذه استثنائية عالية وتحدث خلال الاعتدال الربيعي والخريفي عندما تكون الشمس شاقولية والقمر شاقولياً فوق خط الاستواء .

المدود والجزر الواطئة Neap Tides ، هي الأوطأ للشهر وتحدث عندما يكون جذب الشمس والقمر متعاكسين .

معدّل الفترة الزمنية بين المدود المتعاقبة في أيام متتالية يساوي 24 ساعة و 50 دقيقة . وهكذا يحدث كل مد 50 دقيقة متاخراً كل يوم .

أوطأ جسر ظلي Lowest Astronomical Tide ، وهذا هو خط اسناد الربيع بالنسبة لجدول البحريه ، وهو منسوب أوطأ جسر متوقع .

يمكن تقسيم العمل عموماً إلى "بري" On-Shore و "مائي" Off-Shore ، فالأول يمكن انجازها بالطرق الاعتيادية للتثبيت والتضليع وقياس الأبعاد ... الخ . أما العمل في الماء فيمكن تصنيفه كما يلي :

- (1) قياسات شاقولية للمق بطرق العدى .
- (2) السيطرة الأفقية لمواقع العدى .
- (3) نقل العدى إلى خط أسناد (خط أسناد ساحلي أو خط أسناد المد) .

قياس اصمق المياه Soundings ، هذه هي عملية قياس العمق الشاقولي من سطح الماء إلى مستوى القاع .

في الاصمق القليلة والتي هي بحدود 5 أمتار أو أقل يمكن استخدام صندوق مدمج (أى مقسم) وهذا يكون في بعض الأحيان مزوداً بكأس لعمقه من الالتصاق بترية القاع ، وهذه الطريقة هي بطيئة وتتطلب مهارة خاصة عندما يكون القارب متحركاً .

في الاصمق الكبيره يستخدم خط قياس Sounding Line ، وهذا هو سلك أو رتجير أو حبل مثبت في نهايته نقل من الرصاص على شكل كأس ، ولأجل إيجاد عمق شاقولي يجرى رمية إلى مقدمة القارب بحيث يلامس الثقل القعر عندما يكون القارب فوقه مباشرة . وتتباين هذه الانتقال من 2 كم إلى 5 كم وهذا يعتمد على عمق الماء ، أما أكبر طول للخط فهو 60 م ، ولو أن طول 20 م يكون كافياً عند إيجاد العمق في المرافئ .

يتألف الأفراد اللازمين لكذا عمل من طاقم القارب وقائد المجموعه والمسجل ، وفي حالة كون الموقع مثبتاً بطريقة التقاطع الخلفي ذو الثلاثة نقاط 3-point resection تدعو الحاجة إلى شخصين آخرين على جهازى المسكيات . المعلومات التي يجرى تسجيلها هي عدد مرات القياس ووصق وزمن القياس زائداً زوايا المسكيات أن تطلب الأمر .



شكل 9-6

تستخدم معدات قياس العمق بواسطة العدى Echo Soundings للمسطحات الكبيرة والتي

تحتاج إلى مقطع طولي مستمره وهذه المعدات تشمل بشكل رئيس على جهاز مزواة وجهاز استقبال ومسجل ، حيث تبعث نبضات صوتيه من أسفل السفينه عند T (شكل 9a-6) ، وهذا ينعكس عند A ويتم استلامه في R ، ويسجل الزمن المستغرق . وحيث أن سرعة الصوت في الماء معروفة فعليه يمكن إيجاد العمق . في الواقع يجرى التقاط العدى العائد على مذبذب oscillator ليتحول من موجات صوتيه إلى ذبذبات ذات تردد عالي ، وهذه الذبذبات تكسّر وتحوّل إلى تيار مناسب لتحريك قلم على اسطوانة ورتيه دائره . تكون هذه المعدات عادة منظمه على أساس أن معدل سرعة الصوت في الماء تساوى 1500 م/ثانيه . مع هذا ولما

كانت السرعة تتغير بتغير نسبة الطوحه والحراره والضغط لذا يجب لجره تصحيحا اما على العمادات او على النتائج . كذلك سوف يكون هناك خطأ سببه اعتماد النقطه T عن R ، وهذا يمكن تصحيحه بطريقة فيثاغورس .

تتعمكس معظم طاقة النبرش على القاع الصخريه معطيه رسما واضحا ، اما على القاع الطينيّه فتتسكّر ويكون الرسم اقل وضوحا ، وبهذه الطريقه يصبح بالامكان التصرف على نوع التربه في القاع . تكون دقة الجهاز بحدود 1 الى 200 .

لمحولة جهاز الصدى TRANSDUCER وظيفة عكسيتو تستخدم لبث واستلام الموجات الصوتيه ، حيث يمكن توجيه الموجات الصوتيه على شكل حزمة عريضة او ضيقه ، اي مخروط بزاوية 5° او 6° الى 2° . حيث تغطي الحزمة الضيقه دقة اقل وهي اقل تعرض للانعكاسات من مصادر اخرى ولكنها يجب ان تتخذ بكلفة اضافيه . اما الحزمة الارض فتغطي تغطية اكبر للمساحه مقلة بذلك خطوط القياس sounding lines وبالطبع فان قطر المساحه المغطاه من قبل مخروط الصوت والذي يزداد بازدياد العمق سوف يحدد المسافه بين خطوط القياس . كما وان للشماع المرض ضررا هو قياسه لمعق اقل ، بسبب كبر المساحه المغطاه يمكن ان لا يكون المعق تحت الباخره مباشرة وعليه سيكون تفسير مخطط الصدى صعبا . عليا ، يكون استخدام مخروط بزاوية 30° هو الاكثر شيوعا .

كما ذكر سابقا ، تكون معظم اجهزة بث الصدى معيرة على معدل سرعة الصوت بالماء البالغه 1500 م/ثانيه بواسطة سرعة مسيطر عليها مقدارها 3000 دورة بالدقيقه . مع هذا ولما كانت السرعة تتغير بتغير درجة حرارة الماء ونسبة ملوحته وكثافته ، لذا يجب تعيير الاجهزه لتقاسم الظروف المحليه . اما الطرق المستخدمه في ذلك وحسب تسلسل شيوعها فهي :

- 1- بواسطة التعيير المباشر باستخدام قضيب او هدف يوضع افقيا تحت محولة الصدى بأعماق معلومه .
- 2- بواسطة احتساب السرعة الموضعيه باستخدام قياسات درجة الحراره ونسبة الطوحه . بعدها تستخدم هذه السرعة الموضعيه الناتجه لاحتساب سرعة التشغيل (دور/ دقيقه) للجهاز .

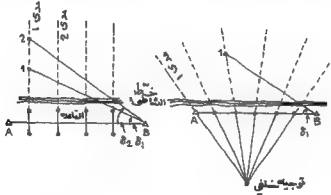
وهناك جدولا للتعيير غالبا ما تجهز بها اجهزة الصدى لتسهيل المهمه .

يجب الملاحظ بان اي من الطريقتين ليست هي مرضية تماما ، فالعمادات المستخدمه مع جهاز الصدى هي الترانسيت سونار Transit sonar التي تؤدي الى جرف سمعي للسارات بعرض 200 م ، ولما كانت خطوط القياس تبعد عن بعضها بحدود 30 م الى 100 م فان وجود عوارض تحت الماء يمكن تحاشيه بسهولة ، فباستخدام السونار ينبعث شمعاع يصنع زاوية قائمه مع مسار الباخره الذي ينتج الصدى منه صوره صوتيه لقاع البحر تبين وجود العوارض والتغيرات في شكل القاع . مع ان هذه المعلومات هي فقط نوعية qualitative مع ذلك يمكن استخدامها في تفسير الخطوط المكتسوبيه تحت الماء ، وكذلك في دراسة مسارات خطوط الانابيب في ممانئه الساحات الطوى اقامة منشآت فيها .

يجري الجرف عادة باستخدام سلك متدلي بعمق معلوم H بين قاربين السافه بينهما 100 م ، متحركين بمسارين متوازيين (شكل 6-9b) وعندما يلاص طارضا يتوقف القاربان وتقاس الزاويه θ . وبهذه الطريقه يتم تعيين موقع العارض .

السيطرة الافقية على موقع قياس العمق

- (ا) طريقة الحبل المايبر ، تستخدم حيثما يكون النهر او القناة ضيقه بحيث يمكن مد حبل عبره (الحد الاعلى للمرض هو 300 م) حيث يتم سحب القارب الى موقع يقاس على الحبل ثم عنده يقاس العمق . هذه الطريقة هي دقيقة نسبيا وهي ضرورية عندما تكون هناك سرعة عالية كما هي الحال بالقرب من شلال . من الضروري ان يربط مسار الحبل المايبر بأعمال مسح ثابتة .
- (ب) طريقة التاكيومتري ، بالامكان استخدامها في الماء الراكد حيث تصك المسطرة في القارب .
- (ج) طريقة المدى والزوايا الساحلية ، وهذه الطريقة هي مبينة في الشكلين 6-10 و 11-6 . فالمدىات هي خطوط توجيه محددة من خلال عوارض على الساحل . فلو بقي القارب على هذا الخط فان زاوية واحدة فقط من خط القاعدة تكفي لتحديد موقعه : انا الطريقة (ب) فتعطي قياسات عمق اكثف بالقرب من الساحل .



شكل 10-6

شكل 11-6

- (د) طريقة المدى وزاوية القارب ، وهي عكس الطريقة (ج) وتقاس الزاوية من القارب بالسكنتات .

- (هـ) طريقة الزوايا الآتية من الساحل ، وكما مبين في الشكل 6-12 ، حيث يعين الموقع من غير وجود مدىات ، فالقارب يوجه بخط مستقيم تنزيها وتقاس الزوايا في نفس الوقت الذي يقاس به العمق وهذا يتم بأشارة مسبقة الاتفاق او بواسطة اتصال مذياعي . وهناك طريقة جيدة للتحقيق وهي ان تؤخذ رصدات من ثلاث محطات على الساحل .

- (ز) طريقة الزوايا الآتية من القارب ، وهذه تتطلب راصدين يستخدمان اجهزة سكنتات الخاصة بقياس الاعناق ، لقياس زوايا الى ثلاث محطات ساحلية معلومة (شكل 6-13) . وتقريبا هي أكثر الطرق شيوعا .



شكل 12-6



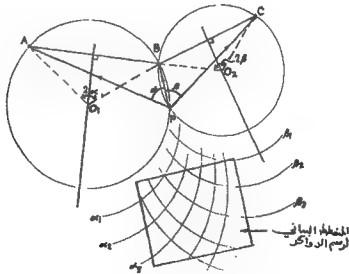
شكل 13-6

بالإمكان تعيين موقع القارب ميكانيكياً باستخدام "مؤشر المحطات Station Pointer" وهذه هي عبارة عن منقلة دائرية بثلاث أذرع مستقيمة الحافات متجهة من مركزها حيث تكون فيها الأذرع الخارجيه متحركة بحيث يمكن تعيين الزاويتين α و β . فعندما يوضع الجهاز منسطاً على المخطط بأذرع الثلاث مارة بالمحطات الساحليه الثلاث فإن موقع مركز المنقله يعطي موقع القارب . يمكن الحصول على نفس النتيجة برسم الثلاث خطوط على ورق شفافي tracing paper وتطبيق الورقه على المخطط بنفس الطريقه .

- علياء أكثر الطرق شيوعاً هي برسم مخططات الدوائر مستوية على مبدأ موضح في الشكل 6-14a حيث أن تقاطع دائرتين تمران بثلاثة محطات ساحليه A و B و C يعطي موقع القارب في p . فمن السهل رؤية أن نصف قطر الدائرة (BC) يساوي $\frac{1}{2} BC \operatorname{cosec} \beta$ هكذا بالنسبة لقم مختلفه لـ α و β . فيمكن عمل مخطط لعدد كبير من كذا دوائر تقع مراكزها على العمود النصف للوترين (AB) و (BC) . وعدد التحشيه بين الدوائر للزاويا المقاسه α_n و β_n يتعين موقع القارب . فلوحدث بطريقة الصدفة أن تقع النقطة p على محيط الدائره الخارجيه A و B و C فسوف لن يكون هناك حلا ممكناً ، وهذه تسمى "الدائره الخطره danger circle" ويجب تجنبها بحذر . يكون مدى السكستانت محدود 200 م الى 5000 م بدقه تقرب من (± 4) م .
- (g) طرق التقابل Subtense Methods ، وهذه تستخدم بكثرة في اصال المرافئ . فالطريقة

الافقيه تتضمن قياس الزاويه لنهايتي مسافه افقيه ثابتة خلال السرى طول مدى متعاود على منتصف القاعده الافقيه ، وهكذا تتغير الزاويه بتغير المسافه من القاعده . وتستخدم الطريقة الشاقوليه لوحه شاقوليه مقسمة الى اجزاء تمثل مسافه افقيه معلومه بالنسبة الى زاويه شاقوليه سبق وأن تم تعيينها باستقامه اللوحه ، عندها يمين موقعه في الماء . ان هذه الطريقة دقيقه جداً بالنسبة للمسافات المتجمه القصيره نسبياً .

تتضمن هذه الطرق الانظمة البصريه المتجمه في الاعمال ذات "الطبيعه الساحليه In-Shore" بشكل عام .



شكل 6-14a

في كذا عمل تتغير المسافة بين خطوط قياس العمق بتغير قطر مخروط مصدر الصدى والعمق المقاس .
و هناك التعديلات التالية في النظام المتبع من قبل القوة البحرية الملكية البريطانية بالنسبة للخارطة :

1 - يجب ان لا تزيد المسافة بين خطوط قياس العمق على 10 م .

2 - يجب ان لا يتجاوز تثبيت مواقع القارب الـ 25 م .

و باستخدام هذه المواصفات مع معلومات العمق وزاوية مخروط الصدى يمكن تخطيط العملية
و تنفيذها بعنساية .

تعيين المواقع الكترومغناطيسيا

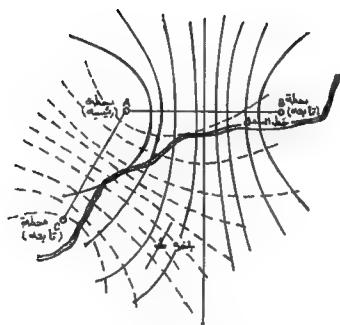
(ا) مدى قصير : المعدات هي من نوع المايكروويف المتنقلة portable تتألف من وحدتين
ساحليتين بمودتين واللتي تولفان خط قاعده وتمطيان مسافات مستمرة الى جهاز الاستلام على
ظهر باخرة يهكذا الموقع الباخرة سيكون عند رأس مثلث اضلاعه الثلاثة معلومه .

هنالك نظامين معروفين هما الـ Decca Triponder 202A (مدى 80 كم ودقة 3° م)
والـ Tellurometer Hydrodist M R B 201 (مدى 50 كم ودقة 1.5° م)
حيث يعمل النظامان على سرعة تصل الى 30 عقده بحريه Knot ، ويمكن ايصالهما الى انظمة تثبيت
موقع ديناميكية قادرة على العمل تلقائيا ومجهزة بكافة مستلزمات اعطاء البيانات data output
لتشغيل الحاسبات الالكترونية وآلات الرسم plotters وسجلات البيانات data recorder . الخ .

(ب) مدى متوسط : يبين الشكل 14b-6 المحطة الرئيسية A متحده مع محطتين
ثانويتين (تابعتين) B و C واللتي يدورهما تحركان شبكه من الموجات الكهرومغناطيسيه
على شكل قطع زائد Hyperbolic فوق المنطقة . وبمساعدة تقاييس الطور المتواجده على الباخرة
يمكن تحديد موقع الباخرة ضمن الشبكه بواسطة احدائيات القطع الزائد . ويربط الوحدات على الساحل
بنظام مسح ملائم يمكن تحويل احدائيات القطع الزائد الى احدائيات جغرافية او متعامده .
هنالك مثال معروف لكذا نظام هو الـ Decca Hi-Fix 6 (مدى 300 كم والدقة تساوى
0.01 من عرض الممر) . يعطي عرض الممر البالغ 75 م على طول خطي القاعده (AB) (AC) دقة
مقدارها (20.75) م ، ولكن هذه الدقة لا تلبث ان تتخفف كلما ازدادت الخطوط انفرجا عن بعضها .
يمكن تلافي هذا الخطأ باستخدام محطتين ساحليتين ساعدتين واخرى رئيسيه على ظهر الباخرة .
وهذا يؤدي الى نشؤ شبكه من دوائر متقاطعه بمرکز ممر ثابت . الناحية السلبية في ذلك هي انه
ياكلان باخرة واحدة فقط العمل في اى وقت واحد في هذا الترتيب الاخير .

(ج) تعيين الموقع باستخدام القمر الصناعي حسب قاعدة دوبلر Satellite Doppler

اصبح تعيين الموقع باستخدام الاقمار الصناعيه على مستوى عالمي واسم صموئا متوفرا في سنة 1967
عندما تم تشغيل الجهاز الخاص بنظام القمر الصناعي لبحرية الولايات المتحدة الامريكيه .
في الوقت الحاضر ، للنظام دقة توقيع مطلقه مقدارها 1 م الى 2 م ودقة تقل عن المتر للتوقيعات
النسيجه للنقاط .



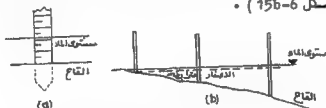
شکل 6-14b

عندما يكون مصدر الصوت وجهاز الاستلام في حالة حركة نسبية فان تردد الموجة المرسله عند جهاز الاستلام سوف يختلف عن ترددها عند مصدر الصوت بموجب تعبير رياضي خاص ، وهذا يسمى " تأثير دوبلر Doppler Effect " وهذه هي القاعدة المستخدمة في تعيين موقع القمر الصناعي . وهكذا ترصد الاقمار الصناعية الدائرة من قبل محطات ارضيه مواقعها مثبتة بدقة ، ويجرى تحديد المواقع الصحيحه لهذه الاقمار بشكل مستمر ، لذا يصبح القمر الصناعي خازناً فضائياً ينقل المعلومات بانتظام محددات بذلك موقعه . فالتقارب الذي يحوى معدات ملاكمه يستلم المعلومات المرسله ويقين " فسر Doppler Shift " ثم يحولها الى احداثيات جغرافيه محدداً بذلك موقعه . ولاجل الحصول على تفاصيل اكثر لكل هذه الانظمه يجب الرجوع الى مصادر متخصصه .

ايجاد الاعماق Reduction of Soundings

لغرض ايجاد الاعماق ، من الضروري معرفة مستوى سطح الماء نسبة الى خط اسناد معين ، في الوقت الذي يقاس فيه العمق . ولتحقيق ذلك يستخدم مقياس مد tide gauge ، فيتألف المقياس ببساطة حالاته من شاخص مدرج (اى قسم) مثبت على الساحل او على جدار لرصيف ، وكذا مقياس يسمى " مقياس مسطره Staff Gauge " شكل 6-15a ، وعادة يربط المقياس بخط الاسناد المساحي بواسطة عملية التسويه المباشره .

وهذا ما يتطلب مدى الدد استقصاءً كاملاً ، يمكن ان يكون من الضروري تثبيت سلسله من المقاييس من اعلى مستوى للماء الى اوطأ مستوى له . ويطبق نفس المبدأ على خط الساحل حيث هنالك اختلافات في مستوى المياه (شكل 6-15b) .



شكل 15-6

عندما يتطلب الامر تسجيلاً مستمراً للمدود تستخدم المقاييس التفاضليه ، وهذه بصورة عامه تثبت في مرادد المد على امتداد البلاد ، وتتألف من طوافه معلقه في بحر فيه انبوب ينتهي الى البحر وتحت اوطأ مستوى للماء بكثير ، وتتصل الطوافه بقلم معدني غير سلسله من البكرات والتعشيقات بواسطة سلك من حيث يجري تسجيل التغير الحاصل في مستوى الماء بموجب الطوافه عن طريق خط رفيع على بكره ورفيه دائره .

فاذا ظلت توقعات المد لمنطقه ما ، عندئذ يجب اخذ قراءات مقاييس المد خلال فترة لا تقل عن الاسبوعين بحيث تشمل على قراءات لمد كامل وجسر كامل ، ويمكن ان تتم القراءات كل ساعه تزداد الى كل 5 دقائق عند وقت الماء العالي او الواطي . ولاستخراج الاعماق يجب ان تتم القراءات كل 5 دقائق الى 10 دقائق خلال عملية القياس .

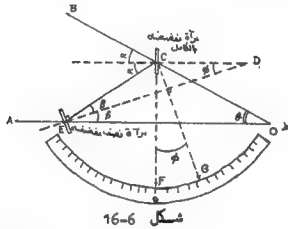
وحيث ان تغيرات سطح الماء هي ليست ثابتة ، لذا فمن الضروري رسم خطاً بيانياً احدى احداثيه يمثل قراءات مقياس المد ويمثل الاحداثي الاخر الزمن . وبهذه الطريقه يمكن الحصول على قيم لمستوى

سطح الماء عند وقت قياس الصق بالشكل التالي : افرض ان علامه الصفر لمقياس المد هي 1.00 م فوق خط الاسناد المساحي (بواسطة التسويه المباشره) وان قراءات مقياس المد كانت 1.08 م و 1.10 م عند الساعه 9.00 ق.ظ و 9.10 ق.ظ . على التوالي ، وقد تم قياس عمق 10.00 م لنقطه A في البحر في الساعه 9.05 ق.ظ .

بالتحشير من المخطط البياني يتم قراءة 1.09 م مقابل الزمن 9.05 ق. ط. عليه فان مستوى الماء في هذه اللحظة نسبة الى خط الاسناد الساحي يساوي : $1.00 + 1.09 = 2.09 \text{ m.o.d.}$ ولما كان عمق الماء 10.00 م فان مستوى النقطة A سيكون : $2.09 - 10.00 = - 7.91 \text{ m.o.d.}$ ولتحاشي استخدام العلامات السالبة يكون من المستحسن فرض قيمة 100 م لمعدل مستوى سطح البحر (x.m.s.l) في هذه الحالة سيكون منسوب A يساوي 92.09 م .

4-3-6 السمكسات (شكل 6-16) Sextant

السمكسات المستخدم في تعيين الموقع لقياس المقي هو نوع مشين من السمكسات الاعتيادي وله مدى اكبر للرؤية ويعمل كما يلي :



شكل 6-16

لاجلي قياس الزاوية (AOB) يرصد الهدف في A مباشرة من خلال الزجاج غير المنقوض في E وتتطابق صورة الهدف B على A في الجزء المنقوض من المرآة في E وذلك بتحريك ذراع المرآة (CF) الى الموقع (CG) . والان :

$$\hat{BOA} = 2\alpha - 2\beta = \theta$$

$$\hat{COE} = \hat{FCG} = \alpha - \beta = \phi \quad , \quad \theta = 2\phi$$

فقياس السمكسات اذن هو مدرج بحيث يمكن قراءة ضعف الزاوية ϕ وتساوي θ مباشرة . وهكذا فالقوس ذو الزاوية 75° يسمح بتحليل زوايا الى حد 150° الى دقائق من القوس . يجب الملاحظة بان الزاوية (AOB) تقاس بمستوى الاجسام المنظورة .

وهكذا فلو كانت النقطتان A و B مختلفتين بالنسوب كثيرا يجب تحويل الزاوية المرصودة مع الاتق باستخدام قانون المثلثات الكروية (شكل 6-17) :

$$\cos \theta_H = (\cos \theta - \cos \alpha \cos \beta) / \sin \alpha \sin \beta \quad (6-12)$$

حيث θ_H هي الزاوية الافقية المكافئة للزاوية المقاسة θ ، وان الزاويتين α و β هما زاويتان شاقوليتان قيستا من الشاقول ، أي :

$$\alpha = (90^\circ \pm \delta_A) \quad , \quad \beta = (90^\circ \pm \delta_B)$$

(1) الجرف بواسطة العربيه الشافطه Trailer Suction Dredging ، التي

يكون فيها تعيين الموقع مهما جدا ، وتستخدم برفقه جهاز تخطيط المسارات لتعاشي جرف زائد (نقاط واطفه) او جرف ناقص (نقاط عاليه) . وهنا يقع جهاز الاستلام فوق رأس الشفط مباشرة .

(2) الجرف الدقيق بواسطة تركيب ذو كاشه Precise Dredging by Grab Barge

غالبا ما يكون ضروريا لرفع الاجسام الصلبه التي لم يتم رفعها بطرق الشفط ، وهذا يتطلب مسحا دقيقا لتعيين هذه المناطق ثم لتحديد مواقعها بدقة لغرض ازالتهما . واخيرا مسوحات ما بعد الجرف لتأكيد انجاز العمل .

(3) جرف الموارض والانقاض Obstacle and Wreck Sweeping ، يكون

تحديد مواقع الموارض بالنصب للطرق المائية المزدهمه مهما جدا بشكل خاص كما هي الحال في عدد من المشاريع الهندسيه . فباستخدام جهاز باعث الصدى بمحور عرضي وجهاز تخطيط المسارات نوع (H1-Fix) للحصول على مسارات المسافه بينها 5 م يصبح بالإمكان التأكد من عدم ترك فراغات ، فلو كان البحث غير ناجح فبالإمكان السير بين المسارات العابقه باستخدام جهاز تخطيط المسارات وهكذا اعطاء مسارات المسافه بينها تساوي 2.5 م .

(4) مسارات الموم Float Tracking ، لتعيين معدل واتجاه التيارات ، ومن

الممكن ان تدوم الحاجه الى معرفه هذه المعلومات عند احاق ممينه تحت السطح ، وفي هذه الحاله تعلق اجسام طياره بالصق المطلوب تحت العواص المائمه . للاعاق القليله يجري تعويم شاخص ذو مقطع منقطع شاقولي بحيث يظهر ما يكفي من نهايته العليا لمشاهدته فقط .

احدى طرق تحديد مسار المعلومات هي باستخدام جهاز استلام (H1-Fix) في قارب صغير يكون فيه هوائي الاستلام مركبا على قدم جانبي . وهناك مؤشر تحت الهوائي مباشره يساعد في توجيهه مباشره فوق الموم .

(5) تعيين المسار بطريقة ملاحه النظائر Isotope Tracking ، وهذه الطريقه

تستخدم لمعرفة حركه التربه المتراكمه التي تم جرفها ، كذلك الحركه الناتجه من صببات المياه الثقيله . حيث يحضر مسحوق الزجاج بنفس حجم ذرات التربه المتراكمه ويجرى تعريضها الى نظائر مشعنه ، ويتم الكشف على اثر الاشعاع بحسب نائره فوق قاع البحر ، وهذا يتم ايضا قبل التكديس للتصحيح من وجود اى ماده مشعنه في المنطقه . بعد ذلك يجرى تحفيز جداول توضع للمواد المشعنه باستخدام نظام لتحديد الموقع كجهاز (H1-Fix) . يكون عمر المواد المشعنه قصيرا او طويلا تبعا لفسره الاستقصاء المتضمنه .

اظه محلوله

مثال 1 ، يبين الشكل 6-19 مثلث وايضا في مواءه لنفق فيه (AB) هو خط وسط النفق و C جهاز مزواه . ايضا :
 $AB=4.014 \text{ m}, AC=9.533 \text{ m}, \angle BCA = 0^{\circ}18'24''$

- (1) ما هي الاهداف التي يتم رسدها عند كل من A و B في قياس الزاويه (BCA) ؟
- (2) اجر الحسابات اللازمه لتعيين نقطه في النفق على امتداد (AB) وما وراءه ؟
- (3) اشرح بايجاز الطريقه التي يعين بها خط الوسط في النفق . (جامعه لندن)



شكل 19-6

الحل ، (لاحظ جيدا بان الخططين (BD) و (CD) المنقطتين لا يؤلفان جزءا من الشكل 19-6) .

(1) A و B هما مسلكان شاقوليان . وبالامكان تمييزهما بكل وضوح عندما يوضع وراءهما شاشة نصف شفافة مضاءة (ورق استمساخ :) .

(2) باستخدام دقة كافية :

$$BC = AC - AB = 5.519 \text{ m.}$$

$$\hat{BAC} = \theta'' = \frac{5.519}{4.014} \times 1104'' = 0^{\circ} 25' 18'' \quad \text{كذلك :}$$

باستخدام الزوايا القطرية وبفرض ان (AD = AC) :

$$DC = AC \cdot \theta = 9.533 \times 0.007360 = 0.0702 \text{ m.}$$

ايضا : $BD \approx BC = 5.519 \text{ m.}$

(3) يتم تمييز النقطة D تقريبا بقياس المسافتين (BD) و (DC) ، بعدها يستقيط المستقيمة D بالتمسك على المسطرة لكن A و B . والان يجري مد الخط (AB) من النقطة D بالمزواة لتثبت المحطات في صف النفق . ويمكن ان تكون هذه المحطات المستقيمة على شكل لولب مثبته ومعلق منها شقالات شاقول .

مثال 2 : يتوجب تمييز خط الوسط (AB) للنفق المبين في الشكل 20-6 بحيث يكون باتجاه زاوي معلوم . فقد انشيء مقطع قصير للنفق الرئيس باستقامة خطه الشرجي كما انشيء مدخل الى النفق من خلال ممر يتصل بمهواة . وقد تم تعليق مسلكين شاقولين C و D داخل المهواة ولخدت طيهما قراءات بالمزواة التي نصب في محطة E منحرفة بعض الشيء من امتداد الخط (CD) ، ثم تم تمييز النقطة F في النفق وصدت هذه النقطة من المحطة E . ولخسيرا حيث نقطة اخرى G في النفق وقيمت الزاوية (BFG) .

من المسح الذي جرى مبدئيا ، وجدت اعداديات النقطتين C و D كالتالي :

$$C : N 1119.32 \text{ m.} \quad E 375.78 \text{ m.}$$

$$D : N 1115.70 \text{ m.} \quad E 375.37 \text{ m.}$$

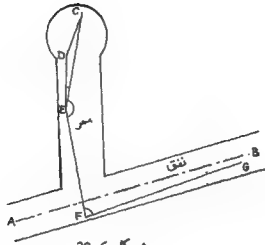
اوجد اعداديات كلا من F و G . ومن دون لجوء اية حسابات اخرى اشرح كيف يمكن انشاء خط الوسط المطلوب . (جمعية المهندسين المدنيين البريطانيين)

الحل ، من المعلومات المعطاة :

$$CD = 3.64 \text{ m.} , DE = 4.46 \text{ m.}$$

$$EF = 13.12 \text{ m.} , FG = 57.50 \text{ m.}$$

$$\hat{DEC} = 38^{\circ} , \hat{CEF} = 167^{\circ} 10' 20'' , \hat{EFG} = 87^{\circ} 23' 41''$$



شكل 20-6

$$\hat{C} = \frac{ED}{DC} \times \hat{E} = \frac{4.46}{3.64} \times 38'' = 47'' \quad \text{حل مثلث وايزنغ للزاوية (ECD) :}$$

بطريقة الاحداثيات : الدائرة الكاملة لاتجاه القاعدة السلكية (CD) الزاوى (اى (w.c.b.)
تساوى : $\tan^{-1}(-0.41)/(-3.62) = 186^\circ 27' 19''$

$$186^\circ 26' 55''$$

$$167^\circ 10' 20''$$

اذن الدائرة الكاملة لاتجاه (CE) الزاوى :
الزاوية (\hat{CEF})

$$173^\circ 37' 15''$$

$$87^\circ 23' 41''$$

الدائرة الكاملة لاتجاه (EF) الزاوى :
الزاوية (\hat{EFG})

$$81^\circ 00' 56''$$

الدائرة الكاملة لاتجاه (FG) الزاوى :

الخط	الطول (m)	الدائرة الكاملة للاتجاه w. c. b.	الاحداثيات الجزئية		الاحداثيات الكلية	
			ΔE	ΔN	E	N
CE	8.10	$186^\circ 26' 55''$	-0.91	-8.05	375.78	1119.32 C
EF	13.12	$173^\circ 37' 15''$	1.46	-13.04	374.87	1111.27 E
FG	57.90	$81^\circ 00' 56''$	56.79	8.99	376.33	1098.23 F
					433.12	1107.22 G

بالامكان تطبيق عدة طرق لانشاء خط الوسط . مع ذلك ، لما كان الاتجاه الزاوى وليس موقع الاحداثيات هو حرجنا ، لذا فان الاسلوب التالي ربما يؤدى الى احسن النتائج :

انصب الجهاز في G ، وحيث ان انحراف (GF) هو معروف فانه بالامكان انشاء الزاوية المطلوبة من (GF) لتمطي خط الوسط . هذا بدعي ليس على المركز ولكن الخط الصحيح .
فبالامكان الان تمهين نقاط الوسط في اى موقع بطريقة الاضلاع الجانبية ' Offsets

مثال 3 : سلكان شاقوليان A و B معلقان في مهواة حيث ان الاتجاه الزاوي ل (AB) يساوي $55^{\circ}10'30''$ وهناك مزواة في C الى يمين امتداد الخط (AB) تم قياس الزاوية (ACB) $20^{\circ}25'$ بواسطتها . وكانت المسافتان (AC) و (BC) 6.4782 م و 3.2998 م على التوالي . احسب المسافة العمودية من C الى امتداد (AB) والاتجاه الزاوي ل (CA) والزاوية التي تتشأ من (BC) لتعميق (CP) ليوازي امتداد (AB) . شكل 21-6 .
اشحن كيف يمكنك نقل الخط (AB) على سطح الارض الى اسفل المهواة . (جامعة لندن)



$$AB \approx AC - BC = 3.1784 \text{ م.}$$

$$\hat{BAC} = \frac{3.2998}{3.1784} \times 1225'' = 1272'' = 21' 12'' = \theta$$

الحل :

بالزوايا القطرية :

$$CD = AC \times (\text{قطريه } \theta) = \frac{6.4782 \times 1272}{206265} = 0.0399 \text{ م.}$$

$$\begin{array}{r} 55^{\circ} 10' 30'' \\ 21' 12'' \\ \hline \end{array} \quad \begin{array}{l} \text{اتجاه (AB) الزاوي} \\ \text{الزاوية } (\hat{BAC}) \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 55^{\circ} 31' 42'' \\ 235^{\circ} 31' 42'' \end{array} \quad \begin{array}{l} \text{اتجاه (AC) الزاوي} \\ \text{اتجاه (CA) الزاوي} \end{array}$$

فالزاوية المنوي انشاؤها من (BC) تساوي زاوية (ABC) وتساوي :

$$\begin{aligned} \hat{ABC} &= 180^{\circ} - (21' 12'' + 20' 25'') \\ &= 179^{\circ} 18' 23'' \end{aligned}$$

مثال 4 : لفرض مسح قاع قناة تم قياس الاصاق على مسافات مقدارها 30 م على نظام وحدات مرسية square grid system خلال فترة صمود المد . كانت الاصاق المستحتملة بالقرب من مسير باتجاه A و B و C و D ... و K كما مبين في ادناه :
عند البدء من نقطة A كان الوقت 10 ق . ط . وبعد الانتهاء في K كان الوقت 11.36 ق . ط . وبعد هذين الزمنين كانت قراءات مقياس المد 6.0 م و 12.0 م على التوالي . فلو كان منسوب صفر المقياس 2.0 م فوق خط الاسناد المصاحبي (0.0) ، اوجد مناسب القناة عند الخمسة والعشرين نقطة التي قيست الاصاق عندها ، بفرض معدل منتظم لارتفاع مستوى الماء ، كذلك معدل منتظم للعمل من A الى K .

A	3-0	3-2	3-3	3-5	3-6	B
D	7-7	7-3	7-0	6-6	6-3	C
E	8-5	8-7	8-8	9-0	9-1	F
H	10-1	9-7	9-3	9-0	8-7	G
J	7-8	8-0	8-1	8-3	8-4	K

اكتب شرحاً موجزاً على المعدات المطلوبة وطرق العمل . اذا كانت الطريقة المتبعة هنا هي
مرفقة للنقصد : اقترح التحسينات . (جامعة لندن)

الحصل :

$$\begin{aligned} & \text{الفترة الزمنية بين أول وآخر قياس للعق} \\ & \text{اذن الفترة الزمنية بين قياس عق وآخر} \\ & \text{مدى المد خلال فترة قياس الاصل} \\ & \text{اذن الصعود لكل 4 دقائق} = \frac{6.0 \times 4}{96} \\ & \text{دقيقه} \quad 96 \\ & \text{دقيقه} \quad 4 = \frac{96}{24} \\ & \text{متر} \quad 6 \\ & \text{متر} \quad 0.250 = \frac{6.0 \times 4}{96} \end{aligned}$$

خذ قياس العق في A :
مستوى سطح الماء في الصاعه 10.0 ق.ظ. :
= 6.0 + 2.0 = 8.0 m. o.d.
المسقط :
= 3.00 m.
اذن منسوب (R.L) القناة :
= 8.0 - 3.0 = 5.0 m. o.d.
وتكمّل بقية المناسب بنفس الطريقة :

المحطة	قراءة مقياس العق	مستوى سطح الماء	العق	منسوب القناة
A	6-0	8-0	3-0	5-0 m.o.d.
1	6-15	8-25	3-2	5-05
2	6-50	8-50	3-3	5-20
3	6-75	8-75	3-5	5-25
B	7-00	9-00	3-6	5-40
C	7-15	9-15	6-3	2-95
1	7-50	9-50	6-6	2-90
2	7-75	9-75	7-0	2-75
3	8-00	10-00	7-3	2-70
D	8-15	10-25	7-7	2-55
E	8-50	10-50	8-5	2-00
.
.
K	12-00	14-00	8-4	5-60

نقصد : (1) للحصول على افضل النتائج يجب ان يجري العمل هـد اعلى مد او اوطأ جزر
حيث تكون الظروف في الفترة التي تصبى ذلك اقل ثباتا .
(2) معدل صعود المد ليس منتظم وعليه يجب اخذ قراءات أكثر لمقياس المد .

- (1) (ا) اشرح باسهاب افعال المسح التي يجب ان تتم لنقل استقامة معينه على السطح الى اسفل مهواة لغرض تعيين استقامة الاعمال الانشائية لنفق جديد .
- (ب) لتصمين موقع القارب خلال اصال قياس الاماقي في البحر عادة تستخدم طريقة تقاطع الثلاث نقاط الخلفي three point resection . اشرح باسهاب افعال المسح المتضمنه في استخدام هذه الطريقة وناقش اية تدابير يجب ان تتخذ لضمان تعيين المواقع المطلوبه بدقة .
- (جمعية المهندسين المدنيين البريطانيين)
- (2) اشرح كيف يمكنك نقل اتجاه زاوي معين من على السطح الى اسفل مهواة وأنشاء خط تحت الارض بنفس الاتجاه .
- خطا شاقول A و B في مهواة المسافة بينهما 8.24 م والمطلوب سحب الانحراف الزاوي (AB) على استقامة النفق ، بحيث يمكن نصب جهاز مزواة فقط في نقطة C التي تبعد 19.75 م عن B ووضع ملاهمترات من امتداد (AB) . فلو كانت زاوية (BCA) تساوي $09^{\circ}45'$ ما هو البعد الجانبي العمودي للنقطه C من امتداد (AB) ؟ (جمعية المهندسين المدنيين البريطانيين)
- (الجواب : 195 ملم)
- (3) تيسر اصاق من القارب P في الوقت الذي اخذت فيه القراءات بجهاز الكمكتانت sextant باتجاه ثلاثة علامات ساحليه A و B و C ذات احداثيات $(0, 850)$ و $(0, 0)$ و $(325, 1375)$ على التوالي . وفي احدى المواقع لقياس المقياس كانت الزاويتان الأقيتان (APB) و (BPC) تساويان $41^{\circ}30'00''$ و $28^{\circ}20'00''$ على التوالي ، علما بان القارب يقع الى الشمال الغربي من المساحة (ABC) . احسب المسافة بين القارب والمحطة B . حقق حساباتك بعمل مرتسم .
- (الجواب : 1220 م) (جمعية المهندسين المدنيين البريطانيين)
- (4) المطلوب دراسة التيارات السطحية حول مصب مجرى مقترح في البحر بعمل مرتسم الانجراف عوامة اطلقت في الاوقات الملائمه . فلو كان علما اتباع العوامة بقارب والبقا تحت نظر مد من التضاريس المرتفعه على الساحل بحيث تكون مبرئة على مقياس 6 عقد له خارطة مصلحة المساحة . كيف يمكنك تعيين ورسم انجراف العوامة ؟
- (5) لاجل ايجاد مقطع عرضي لنقاع نهر متأثر بالمد اخذت قراءات من جهاز مزواة ذي شعرتي المتديا (لقراءة المسافه) على مسطرة مساحه شاقولييه مسكته في قارب بنفس الوقت الذي اخذت فيه القراءات على قضيب لقياس المقياس في القارب وسجلت قراءات مقياس المد على الساحل . لم يكن اسفل مسطرة القياس ضرورية بنفس مستوى سطح الماء . كما وان قراءة مقياس المد البالغه 3.05 م لها منسوب يساوي 4.00 م فوق خط الانساد . وقد سجلت القراءات التاليه :

المنطقه	المسطرة في	قراءات السقيديا (متر)			الزاويه الساقولييه	تقييب قيس افق (متر)	مقياس المد (متر)
		اسفل	وسط	فوق			
1	سطح ميسر	2.644	2.761	2.679	$0^{\circ} 00'$	—	—
2	قارب	2.094	1.957	1.820	$5^{\circ} 00'$	2.08	2.50
3	قارب	1.375	1.189	1.003	$5^{\circ} 00'$	3.56	2.46
4	قارب	0.744	0.503	0.262	$5^{\circ} 00'$	3.79	2.42
5	قارب	2.884	2.527	2.249	$2^{\circ} 00'$	3.29	2.58
6	قارب	2.618	2.304	1.990	$2^{\circ} 00'$	2.22	2.35
7	قارب	2.393	2.033	1.673	$2^{\circ} 00'$	0.99	2.23
8	منصة على ستوك	1.874	1.487	1.100	$2^{\circ} 00'$	—	—
—	منصة على ستوك	4.160	3.978	3.795	$0^{\circ} 00'$	—	—

في الجدول اعلاه تقع كافة النقاط المرقمة على خط مستقيم عبر النهر، وتقع النقاط 1 و 8 على علامة الماء العالي . وقد وضعت الزوايا عند احدى نهايتي هذا الخط .

اوجد مناسب النقاط الثمانية على قاع النهر وارسم المقطع العرضي المطلوب على ورق مربعات .
(جمعية المهندسين المدنيين البريطانيين)

(الجواب : (1) 3.75 ، (2) 1.32 ، (3) (0.18 -) ، (4) (0.46 -) ، (5) صفر ، (6) 1.04 ، (7) 2.21 ، (8) 3.75) .

ايماء : استخدم القراء " علامة الـ 3.05 م على قياس المد " لايجاد منسوب مركز الزوايا لايجاد منسوب النقطة 1 .



دليل للمصطلحات العربية

Spirit bubble	فقاعة كحوليه	Bearing	اتجاه زاوي
Waste	فاقد (في التربه)	Quadrant bearing	اتجاه زاوي
Back sight	قراءة او رصد خلفيه	Spot heights	ارتفاعات موضعيه
Fore sight	قراءة او رصد اماميه	Coplaning	الانطباق
Intermediate sight	قراءة او رصد وسطيه	Leveling	التسويه
Breaking efficiency	كفاءة الموقف	Automatic indexing	تأشير تلقائي
Tilting screw	لبيب ابعاله	Setting out	تخطيط
Footscrew	لبيب قدمي	Centripetal acceleration	تسجيل مركزي
Tangent screw	لبيب الحركة البطيئه	Coordinates' adjustment	تعديل الاحداثيات
Capstan screw	لبيب تنظيم	Addition constant	ثابت الاضافه
Tacheometer	محور الفقاعه	Multiplying constant	ثابت الضرب
Bubble axis	نقاط عكسيه	Borrow pit	حفرة دين (في التربه)
Reversal points	نقاط البيل	Damped simple harmonic motion	الحركة التوافقية البسيطة
Grade points	نقطة التقاطع	Slope stakes	الخشب
Intersection point	نقل (في التربه)	Strike line	خزانيق البهل
Haul	متر - محطه (وحدة نقل)	Horizontal line	خط افقي
Station metre	المسح تحت الارض	Datum line	خط اساس
Underground surveying	مسلم ينقل	Ordinance datum	خط اسناد مساحي
Closed traverse	مخطط نقل التربه	Level line	خط مستوي
Mass haul diagram	مسلم مفتوح	Proportional error	خط متناسب
Open traverse	مسلم رابط	Booking error	خط تسجيل
Link traverse	مسيرة	Misclosure error	خط انفساخ
Theodolite	مزدوج	Osculating circle	دائرة التماس
Couple	مزدوج الزينج الاحداثيه	Whole circle bearing	الدائرة الكامله للاتجاه
Equinoctial spring tides	منحني مركب	Standard accuracy	زاوي
Composite curve	مستوي التكوين	Bench mark	دقة قياسيه
Formation level	معدل مرجع الاخطاء	Ordinance survey bench mark	رأف تسويه
Mean square error	معدل مستوى سطح البحر	Temporary bench mark	رأف تصويه صلحه
Mean sea level	المنسوب	mark	التسويه
Reduced level	معدل الوصول	Face left observation	رأف تصويه وقتي
Rate of approach	مقر	Face right observation	رصد وجه يسار
Stabilizer	منظار	Visibility	رصد وجه يمين
Telescope	الوصل	Tangential angle	الزاويه
Join		Deflection angle	زاويه التماس
		Angle of intersection	زاويه الانحراف
		Apex angle	زاويه التقاطع
		Sight rail	زاويه الرأس
		Sub chord	مسكة نظر
		Leveling plate	شبه وتر
		Strike	صفحة تصويه
		Chainage	فسرب
		Through chainage	طول المسار
		Parallax	طول المسار الانسي
		Anallatic lense	ظاهرة لاختلاف النظر
		Eye-piece	عدسة تحليلية
		Formation width	عدسة عكسيه
		Contour interval	عرض التكوين
			الفترة التكوينية

قائمة بالرموز المهمة المستخدمة في الكتاب

a.m.v. (angulal momentum vector)	متجه الزاوي
b.s. or B.S. (back sight)	قراءة خلفية أو توجيه خلفي
B.M. (bench mark)	رأمة تسوية صلدة المساحة
c.p. (change point)	نقطة تغيير
E.M.D. (electro magnetic distance measurement)	قياس المسافة الكثر مغناطيسيا
f.s. or F.S. (fore sight)	قراءة امامية أو توجيه امامي
H.P.C. or h.p.c. (hight of plane of collimation)	ارتفاع مستوى النظر
i.s. or I.S. (intermediate sight)	قراءة وسطية أو توجيه وسطي
M.H.D. (mass haul diagram)	مخطط نقل التربة
M.O.T. (ministry of transport)	وزارة النقل
m.s.e. (mean square error)	معدل مربع الأخطاء
N.P.L. (national physics laboratory)	مختبر الفيزياء البريطاني الوطني
P.I.M. (precision indicator of meridian)	المؤشر الدقيق لخط الطول
p.s.e. (proportional standard error)	الخطأ القياسي النسبي
q.b. (quadrant bearing)	الاتجاه الربعي
s.r. (sight rail)	سكة نظر
t.b.m. (temporary bench mark)	رأمة تسوية مؤقتة
w.c.b. (whole circle bearing)	الدائرة الكاملة للاتجاه الزاوي

دليل للمصطلحات الانكليزية

Addition constant	ثابت الاضافه	Breaking efficiency	كفاءة الموقف
Anallatic lense	عدسة تحليلية	Capstan screw	المكب محوري منظم
Angle of intersection	زاوية التقاطع	Centripetal acceleration	التسجيل المركزي
Angular momentum	متجه الزاوي	Change point (c.p.)	نقطة تغيير
Altitude bubble	فقاعة الارتفاع	Chainage	طول المسار
Angular misclosure	خطا في عدم الاغلاق الزاوي	Circular curve	منحني دائري
Automatic indexing	تأشير تلقائي	Collimation error	خطا في خط النظر
Automatic level	جهاز تسوية تلقائي	Contouring	الاصال الكتوبية
Apex distance	المسافة الرأسية	Co-ordinates	الاحداثيات
Apex angle	زاوية الرأس	Total -	الاحداثيات الكلية
Axis of symmetry	محور التماثل أو التناوي	Partial -	الاحداثيات الجزئية
Back sight (b.s.)	قراءة خلفية	Contour interval	المسافة الكتوبية
Batter board	لوحه سجل	Change face	تغيير وضع الدائرة العمود على الزوايا
Bearing	الاتجاه الزاوي	Closed traverse	مسلك مغلق
Quadrant bearing	الاتجاه الربعي	Compensating error	أخطاء متعوضة بعضها
Whole circle bearing	الدائرة الكاملة للاتجاه	Coordinatograph	جهاز رسم احداثيات
Base line	خط قاعد	Composite curve	منحني مركب
Bench mark	رأمة تسوية	Coplaning	الاتساق
Ordinance survey	رأمة تسوية مساحة	Couple	مزدوج
Temporary -	رأمة تسوية مؤقتة	Cross fall	اتحاد جانبي
Booking error	خطا في التسجيل	Datum line	خط استناد
Borrow pit	حفرة دين (في نقل التربة)	Datum plane	مستوى استناد
Bowditch adjustment	تعديل بولدتش	Ordinance datum	استناد مساحة المساحة
Bubble axis	محور التقسيم	Local datum	استناد محلي

Deflection angle زاوية الانحراف
 Defective centring التباين الخطأ أو العباب
 Diaphragm ميدان النظر في جهاز مساحه
 Dip الانحدار
 Full - الانحدار التام أو الكامل
 Equinoctial spring tide المد والجزر الاعتدالي
 Error of eccentricity خطائي المركز أو المركزي
 Error vector الاتجاه الخطأ
 Eyepiece عدسه عينية في جهاز مساحه
 Footscrew لولب قسدي
 Fore sight (f.s.) قراءة أماميه أو توجيه امامي
 Formation level منسوب التكوين لحفرات أو لطريق
 Formation width عرض التكوين لحفرات أو لطريق
 Formation grade ميل التكوين لحفرات أو لطريق
 Free haul نقل مجاني (في التربة)
 Free haul distance مسافة النقل المجاني
 Face left الدائره العموديه في الزوايا تيسار المنظار
 Face right الدائره العموديه في الزوايا يمين المنظار
 Face position موقع الدائره العموديه نسبة الى المنظار
 Grade point نقطة معدل
 Grid leveling تسموية الاعمال التشبيكية
 Gross error خطأ مجمع أو خطأ كبير أو غلطه
 Haul النقل (في التربة)
 Over haul نقل اضافي
 Haul limits حدود النقل
 Horizontal line خط أفقي
 Horizontal plane مستوى أفقي
 Horizontal plate الطبق الأفقي في مزواة أو بمعداد
 Height of collimation ارتفاع خط النظر
 Hydrographic surveying المسح المائي
 Internal focusing تيسر (تضيق صورة) داخلي
 Intermediate sight قراءة وسطية
 Intersection point نقطة التقاطع
 Inverted sight قراءة مقلبه أو مقلوبة
 Level line خط مستوي
 Leveling plate صفيحة تضع تحت المسطح في التسموية
 Line of collimation خط النظر في جهاز المساحه
 Limit of economical haul حدود النقل الاقتصادية
 Line of sight خط توجيه أو خط نظر
 Link traverse مضلع ربط
 Main chord الجذر الرئيسي (في انشاء الاقواس)
 Mean sea level (m.s.l.) معدل مستوى سطح البحر
 Misclosure error خطأ في عدم التقاء أو الأفاق
 Neap tides المد والجزر الزاوية
 Off shore في البحر
 On shore على الساحل أو في البحر
 Open traverse مضلع مفتوح
 Osculating circle دائرة التماس
 Parallax ظاهرة اختلال النظر في البصريات
 Photogrammetry المسح الجوي
 Process حركة دوران الجايرو
 Prismoidal access الزيادة شبه الموشورية
 Prismoidal formula معادلة شبه الموشورية
 Proportional error الخطأ المتناسب
 Random error خطأ عشوي أو جانبي

Rate of approach معدل الزحف
 Reference meridian خط الطول المرجعي
 Reciprocal leveling التسموية المتبادلة
 Reduced level التسموية
 Resection التقاطع الخلفي
 Reticule الدائر وحاملتا الشترتين المتقاطعتين
 Reversal points نقاط عكسية
 Reversible level جهاز تصوية عكس
 Sight rail مسكة نظر
 Setting out الصقيط
 Slope stakes خواريزم أو أوتاد الميل
 Sounding عمق قياس أصافي المياه بواسطة العددي
 Sounding line خط قياس أصافي المياه
 Spirit bubble فقاعة (ميزان) كحوليه
 Square grid system نظام وحدات مربعه
 Stadia hairs شعرات قياس المسافه
 Stabilizer مقراء مسكن
 Strike line خط ضرب أو خط متجه الطبقة
 Standardization of tape تقييس الشريط
 Standard accuracy دقة قياسية
 Sub-chord شعبه وتر
 Super elevation ميل جانبي اضافي
 Tangent point نقطة تماس
 Tangential angle زاوية تماس
 Tacheometer بمعداد (جهاز قياس الأبعاد)
 Tacheometry عملية قياس الأبعاد
 Theodolite مزواة (جهاز قياس الزوايا)
 Through chainage طول المسار الأفقي الفعلي
 Three wire leveling التسموية 3 أسلاك
 Tidal theory نظرية المد والجزر
 Tidal datum خط أصناف المد
 Transducer محطة جهاز العددي
 Transverse error خطأ جانبي
 Vertical axis المحور الشاقولي لجهاز مساحه
 Vertical curve منحني شاقولي
 Visibility مدى الرؤية على الطريق
 Waste الفاقد (في التربة)

النسب المثلثية

sin	(سائين)	جيب
cos	(كوساين)	جيب تمام
tan	(تان)	ظل
cot	(كوتان)	ظل تمام
sec	(سك)	قاطع
cosec	(كوسيك)	قاطع تمام

الخطا و الصواب

.....
ملاحظه : صحيح الاخطاء قبل استعماله للكتاب لطفا

ص	الخطا	الصواب
6	قبل الاخير	الفرق بين الخطا بالصواب
12	شكل 9-1	التصديقات المعكوسه
17	الاعسر	وطيئة
23	5	3.746
23	10	مكوسه
30	7	(b) اربا
33	11	المنقطه
34	7	هي الاحداثيات التي
42	2	قاعدة متوازي الاضلاع
53	11	لاحظ الشكل 254-2
55	شكل 25a-2	مقطع طولي
56	قبل الاخير	(EG)
58	7	(4)
58	9	(5)
66	15	عدد A_1
71	قبل الاخير	حيث ان θ هي زاوية الارتفاع حيث ان α هي زاوية الارتفاع
71	الاعسر	($\alpha_1 \approx \alpha_2$)
80	2	(L, AP/A, E)
81	قبل الاخير	مقداره ($\hat{3}$)
84	7	θ_A
87	5	(+AN) و (-AN)
87	12	يكون جمع α الى
92	جدول 3a-3	تعديل باونج للطلع المختص
94	14	لكل
107	الاول	$\cos \theta$, $\sin \theta$, $\tan \alpha$
107	الاعسر	الجهاز و (BX)
111	15	الفترة 1-1-4
114	2 قبل الاخير	الى ان ($A^*C^* = b \cos \theta$)

الخطا و التصواب

ملاحظته : صحح الأخطاء قبل استخدامك للكتيبات لطفا

من	السطر	الخطا	التصواب
126	8	$\widehat{BC} = R \times 2\theta$	$\widehat{BC} = R \times 2\alpha$
128	17	()	(o)
131	9	او زاوية الانعكاس	او زاوية الانحراف
132	1	$R(1 - \sec(\Delta/2))$	$R(\sec(\Delta/2) - 1)$
136	1	فمن 5-4	فمن 4-5
144		ناج طول المنحنى غير موجود	الناج يساوى 1089 م
150	9	$c = R \cdot l$	$c = R \cdot L$
152	18-5	3.6	3.63
155	1	زاوية الانحراف	زاوية الانحراف
163	8	$\theta_p = \phi_p/3 - N_p$	$\theta_p = (\phi_p/3) - N_p$
172	6	كل ميل على	كل من الميادين على
172	16	(+4)	(+4%)
173	6	الضائق	الضائق
173	4 قبل الاخير	3.4 قدم	3.5 قدم
182	5	$= 174.752 \text{ m.}$	$= 174.754 \text{ m.}$
184	معادله (1)	$4L^2$	$4x^2$
191	4	$y=4.000\text{m.}$	$y=4.000\text{m.}$
191	5	$x=14.000\text{m.}$	$x=14.000\text{m.}$
192	13	الزاوية (W ₂ X Y)	الزاوية (W _u X Y)
194	5	لم يثبت رقم معادلة قيمة	رقم المعادلة (4-6)
194	6		
200	معادله 11-6	min. of time	min. of arc
200	3 قبل الاخير	n من المرات	لقمة N
209	7	Empirical	Equinoctial
210	6 قبل الاخير	جهاز مزوا	جهاز ارضال
217	الاخير	جملة ناقصة	يمكن تعاشي ذلك بابقاء المحطات بنفس مستوى السطح

يطلب الكتاب من المعرب
ص ٦٩٢ بغداد

حقوق التعريب والطبع محفوظة
للمعرب

رقم الإيداع في المكتبة الوطنية
ببغداد (١١٨١) لسنة ١٩٨٣

مطبعة الرشيد - بغداد

ENGINEERING SURVEYING

THEORY AND EXAMINATION PROBLEMS FOR STUDENTS

VOLUME I

W. SCHOFIELD

A.R.I.C.S., ASSOC. I.M.E., F.G.S.,

Senior Lecturer Kingston Polytechnic

SECOND EDITION

TRANSLATED TO ARABIC BY

R. L. SHAAN

Consulting Engineer

B.Sc. (Eng.), Assoc. M.I.C.E. (U.K.)

Previously Lecturer at the Institute of Technology, Baghdad.

Second Print

BAGHDAD 1986

المسح الهندسي - الجزء الاول

تعليم نظري ومسائل امتحانية للطلاب

تدرس مادة المسح الهندسي على عدة مراحل لعدد من الاختصاصات الهندسية وقد تكون مادة جانبية للبعض أو مادة منهجية للبعض الآخر وفي كلتا الحالتين فإن عبور الامتحان هو الهدف دائما . ان حله الحقيقة ذات اهمية الانسانية للطالب قد جعلت في مقدمة الفلسفة وراء هذا الكتاب ، مع ذلك فانه يقدم شرحا واضحا ودقيقا للمبادئ والطرق المتعلقة بالمسح الهندسي وعليه فانه يكون مرجعا عمليا مثاليا لهندسي المواقع . يستخدم الكتاب وحدات النظام المتري ، وكل فصل يحتوي على عدد واسع من الأمثلة المحولة التي تزيد من توضيح تطبيقات النظريات ، كما انه يحتوي على تمارين للحل من قبل الطلاب مع الاجوبة الخاصة بها . علما بان كافة هذه التمارين مأخوذة من مصادر امتحانية معروفة .

لقد اتي على الرموز الاجنبية توجها في ربط المعلومات مع المصادر الاجنبية المختلفة كما اتي على اتجاه المعادلات وعلى مواقع الاشارة لكافة الارقام توجها لسي دقة الضمير وتجانس الانشاس .